



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 42 08 141 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 60 T 8/32**

②1 Aktenzeichen: P 42 08 141.6  
②2 Anmeldetag: 13. 3. 92  
②3 Offenlegungstag: 24. 9. 92

DE 42 08 141 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
20.03.91 JP 3-056294

⑦1 Anmelder:  
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hitachi Automotive  
Engineering Co., Ltd., Katsuta, Ibaraki, JP

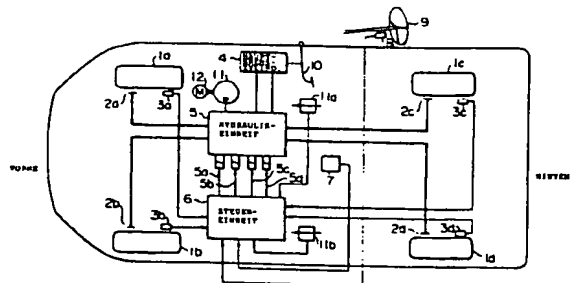
⑦4 Vertreter:  
Beetz, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Timpe, W., Dr.-Ing.;  
Siegfried, J., Dipl.-Ing.; Schmitt-Fumian, W., Prof.  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Mayr, C.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2 Erfinder:  
Shimada, Kousaku, Katsuta, JP; Horikoshi, Shigeru,  
Mito, JP; Monji, Tatsuhiko; Sugawara, Hayato,  
Katsuta, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Einrichtung zur Antiblockiersteuerung für Kraftfahrzeuge

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Antiblockiersteuereinrichtung für Kraftfahrzeuge, die folgende Einrichtungen umfaßt: Einrichtungen (5a, 5b, 5c, 5d), die für jedes der Räder (1a, 1b, 1c, 1d) des Fahrzeugs unabhängig voneinander vorgesehen sind und den Bremsfluiddruck des jeweiligen Rades steuern; Einrichtungen (3a, 3b, 3c, 3d) zur Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeit (V) und der Rotationsgeschwindigkeiten ( $V_{1r}$ ,  $V_{1l}$ ,  $V_{2r}$ ,  $V_{2l}$ ) der Räder und zum Ableiten von Schlupfverhältnissen ( $S_{1r}$ ,  $S_{1l}$ ,  $S_{2r}$ ,  $S_{2l}$ ) der Räder auf der Grundlage der erfaßten Werte; eine Einrichtung (7, 11a, 11b) zum Erfassen der tatsächlichen Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) des Fahrzeugs; eine Einrichtung (8) zum Festlegen von Soll-Werten ( $S_{1r}$ ,  $S_{1l}$ ,  $S_{2r}$ ,  $S_{2l}$ ) der Schlupfverhältnisse der Räder auf der Grundlage der erfaßten Gierwinkelbeschleunigung für jedes Rad unabhängig von den anderen; und eine Steuerungseinrichtung (6) zur Erzeugung des Steuersignals, derart, daß die Bremsfluiddruck-Steuerungs-einrichtung (5) die abgeleiteten Schlupfverhältnisse an die Soll-Werte anpaßt.



DE 42 08 141 A 1

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Antiblockiersteuerung für das Bremssystem eines Fahrzeugs wie etwa eines Kraftfahrzeugs und insbesondere ein Verfahren und eine Einrichtung zur Antiblockiersteuerung für Kraftfahrzeuge, mit denen verhindert werden kann, daß die Fahrzeugkarosserie aufgrund unterschiedlicher Reibungskoeffizienten der linken und rechten Räder auf der Fahrbahn zu schleudern beginnt.

Eine herkömmliche Einrichtung zur Antiblockiersteuerung umfaßt ein Ventil, das dazu dient, auf einer Fahrbahn mit niedrigem Reibungskoeffizienten, insbesondere auf einer verschneiten Straße, einer vereisten Straße usw. den Hydraulikbremsdruck abzusinken oder konstant zu halten, um ein Blockieren der Räder zu verhindern, wodurch während des Bremsvorgangs ein stabiles Fahrverhalten gewährleistet wird, ohne daß der Bremsweg verlängert wird.

Eine solche herkömmliche Einrichtung ist jedoch nicht dazu geeignet, bei allen möglichen Fahrbahnzuständen die Fahrstabilität und die Bremswirkung voll zu gewährleisten. Insbesondere dann, wenn die Reibungskoeffizienten der Fahrbahn an den linken und den rechten Rädern des Fahrzeugs verschieden sind und wenn eine Steuerung ausgeführt wird, mit der der Radschlupf an den linken und rechten Rädern gleichmäßig gehalten wird, wird durch die Differenz der an die linken und rechten Räder angelegten Bremskräfte ein am Fahrzeug angreifendes Giermoment erzeugt.

In einer herkömmlichen Einrichtung zur Antiblockiersteuerung wird auf einer Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibungskoeffizienten  $\mu$  an den linken und rechten Rädern der niedrige Wert gewählt, um die Bremsdrücke mit dem Bremsdruck eines der Hinterräder, das zu blockieren beginnt, in Übereinstimmung zu bringen, um so eine verbesserte Fahrstabilität zu erhalten. In einer solchen Niedrigwahl-Steuerung ist der Bremsdruck an allen Rädern auf einem verhältnismäßig niedrigen Druckpegel gleich und folglich möglicherweise zu gering, wodurch der Bremsweg verlängert wird.

Ferner ist beispielsweise aus JP 1-2 08 256-A eine verbesserte Steuerung bekannt, bei der bei Auftreten eines instabilen Zustandes mit hoher Giergeschwindigkeit das Soll-Schlupfverhältnis der Hinterräder abgesenkt und umgekehrt bei Auftreten einer nicht ausreichenden Lenkbarkeit das Soll-Schlupfverhältnis der Vorderräder abgesenkt wird, um die Seitenführungskräfte zu erhöhen.

Andererseits ist aus JP 63-1 06 168-A ein System bekannt, bei dem der Soll-Radschlupf für die linken und die rechten Räder gemäß den unterschiedlichen Reibungskoeffizienten  $\mu$  der Fahrbahn festgelegt wird.

In den oben erwähnten Einrichtungen des Standes der Technik wird jedoch entweder die Bremswirkung des Bremssystems oder die Fahrstabilität verringert. In keiner der oben erwähnten Einrichtungen wird sowohl eine gute Bremswirkung als auch eine gute Fahrstabilität erzielt. Bei den herkömmlichen Steuerungen wird in Abhängigkeit vom Fahrzeugbremszustand der Schwerpunkt entweder auf die Bremsleistung oder auf die Erhaltung der Fahrstabilität gelegt.

Selbst wenn bei der Steuerung der Schwerpunkt auf die Fahrstabilität gelegt wird, wird in den herkömmlichen Einrichtungen die Ungleichheit der Bremskräfte an den linken und rechten Rädern im Falle unterschiedlicher Reibungskoeffizienten  $\mu$  der Fahrbahn zwischen den linken und rechten Rädern nicht kompensiert. Da-

her kann eine solche herkömmliche Steuerung die Ungleichheit zwischen den Bremskräften lediglich verringern.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zur Antiblockiersteuerung für Kraftfahrzeuge zu schaffen, bei denen die erwähnte Ungleichheit der Bremskräfte selbst auf einer Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibungskoeffizienten grundsätzlich kompensiert wird, um so selbst auf einer Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibungskoeffizienten sowohl eine gute Fahrstabilität als auch eine gute Bremswirkung zu erzielen.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zur Antiblockiersteuerung für Kraftfahrzeuge erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 21 und bei einer Einrichtung zur Antiblockiersteuerung für Kraftfahrzeuge erfindungsgemäß gelöst durch Einrichtungen, die an jedem der Fahrzeugräder unabhängig von den anderen vorgesehen sind und den Bremsfluidruck für jedes Rad steuern, durch Einrichtungen zur Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Radgeschwindigkeiten und zum Ableiten eines Schlupfverhältnisses der Räder anhand der erfaßten Daten, durch eine Einrichtung zur Erfassung der tatsächlichen Gierwinkelbeschleunigung des Fahrzeugs, durch eine Einrichtung zum Setzen von Sollwerten der Schlupfverhältnisse der linken und rechten Räder unabhängig voneinander auf der Grundlage der Gierwinkelbeschleunigung und durch eine Steuersignal-Erzeugungseinrichtung zum Erzeugen von Steuersignalen für eine Bremsfluiddruck-Steuereinrichtung, so daß die erfaßten Schlupfverhältnisse der Räder an die Sollwerte angeglichen werden.

Wenn ein Fahrzeug auf einer Fahrbahn mit mehreren unterschiedlichen Reibungskoeffizienten  $\mu$  fährt, kann der Fall eintreten, daß die  $\mu$ -Werte zwischen den linken und den rechten Rädern unterschiedlich sind. Wenn auf einer solchen Fahrbahn die Bremse betätigt wird, kann aufgrund ungleicher Bremskräfte zwischen den linken und den rechten Rädern bei Beginn des Bremsvorgangs ein am Fahrzeug wirkendes Giermoment erzeugt werden, derart, daß die Fahrzeuglängsachse so gedreht wird, daß sie, betrachtet in Fahrtrichtung, zu der Fahrbahnseite mit höherem  $\mu$ -Wert zeigt. Die erfindungsgemäße Antiblockiersteuereinrichtung erfaßt die Gierwinkelbeschleunigung des Fahrzeugs und paßt die Schlupfverhältnisse an den linken und den rechten Rädern so an, daß die Gierwinkelbeschleunigung verringert wird.

In der bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuerungseinrichtung wird eine auf der Grundlage der Lenkgeschwindigkeit erzeugte Soll-Gierwinkelbeschleunigung von der erfaßten Gierwinkelbeschleunigung subtrahiert, um eine Beschleunigungskomponente des Giermoments zu erhalten, die nur vom Fahrbahnzustand abhängt. Die durch den Fahrbahnzustand hervorgerufene und nicht notwendige Gierbewegung wird verkleinert, indem die Schlupfverhältnisse an den linken und den rechten Rädern angepaßt werden. Bei der Anpassung der Schlupfverhältnisse werden die Soll-Schlupfverhältnisse für sämtliche Räder so festgelegt, daß die Reibungskoeffizienten  $\mu$  an den Vorderrädern im wesentlichen gleich werden. In der gezeigten Ausführungsform sind die Soll-Schlupfverhältnisse in einer Tabelle gespeichert.

In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuerungseinrichtung sind zwei Beschleunigungssensoren auf der Längsachse oder auf

der Querachse des Fahrzeugs in gegenseitigem Abstand angeordnet, um die Gierwinkelbeschleunigung zu überwachen.

In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die Gierwinkelbeschleunigungen auf zwei verschiedene Arten erfaßt, so daß in dem Fall, in dem die beiden erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen während einer vorgegebenen Dauer auf Werten oberhalb eines vorgegebenen Wertes gehalten werden, entschieden wird, daß die Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung einen Ausfall zeigt, und daß ein Alarm erzeugt wird oder die Schlupfverhältnissteuerung beendet wird.

Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung sind in den Unteransprüchen, die sich auf bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen, angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuereinrichtung;

Fig. 2A, 2B Graphen einer beispielhaften Tabelle für das Soll-Schlupfverhältnis in der Antiblockiersteuereinrichtung von Fig. 1;

Fig. 3A, 3B erläuternde Darstellungen für die Anordnung der Beschleunigungssensoren;

Fig. 4 eine erläuternde Darstellung für die Erzeugung des Giermoments;

Fig. 5 Graphen der  $\mu$ -S- $\tau$ -Kennlinien eines Bremssystems;

Fig. 6A, 6B Flußdiagramme einer Routine zur Berechnung der Gierwinkelbeschleunigung;

Fig. 7 ein Flußdiagramm zur Berechnung des Soll-Schlupfverhältnisses;

Fig. 8 ein Flußdiagramm der Verarbeitung der Radgeschwindigkeitssteuerung;

Fig. 9 ein funktionales Blockschaltbild zur Erläuterung der Funktionen der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuereinrichtung;

Fig. 10 eine erläuternde Darstellung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuereinrichtung;

Fig. 11 einen Graphen für den Vergleich der Gierwinkelbeschleunigung, die auf der Grundlage des vom Beschleunigungssensor erfaßten Wertes abgeleitet wird, mit der Gierwinkelbeschleunigung, die anhand des von einem Kreiselkompaß erfaßten Wertes gewonnen wird;

Fig. 12 ein Flußdiagramm der Verarbeitung der Ableitung der Betriebsgröße, wenn die bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuereinrichtung in einem Fahrzeug mit Vierradlenkung (4WS) angewendet wird;

Fig. 13A eine erläuternde Darstellung der Gierbewegung, wenn das Fahrzeug auf einer Straße mit unterschiedlichen Reibungskoeffizienten  $\mu$  fährt;

Fig. 13B ein Graphen, mit dem die Wirkung der gezeigten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit der Wirkung einer herkömmlichen Steuerungstechnik verglichen wird;

Fig. 14 ein Blockschaltbild zur Erläuterung der Eingänge und Ausgänge einer Steuerschaltung, in die ein Ausfallsicherheitssystem eingebaut ist; und

Fig. 15 ein Flußdiagramm der Verarbeitung zur Ausfallüberwachung.

In Fig. 1 ist der Gesamtaufbau einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuereinrichtung gezeigt. Am rechten Vorderrad 1a, am lin-

ken Vorderrad 1b, am rechten Hinterrad 1c und am linken Hinterrad 1d ist jeweils ein Radbremszylinder 2a, 2b, 2c bzw. 2d vorgesehen, mit denen der Bremsfluiddruck übertragen wird. Außerdem ist an jedem der Räder 1a bis 1d ein Radgeschwindigkeitssensor 3a bis 3d vorgesehen. Der in den Radbremszylindern 2a bis 2d aufzubauende Bremsfluiddruck wird zunächst aufgrund des Niederdrückens des Bremspedals 10 in einem Hauptbremszylinder 4 erzeugt, an eine Hydraulikeinheit 5 und anschließend von der Hydraulikeinheit 5 an die jeweiligen Radbremszylinder übertragen.

Die Hydraulikeinheit 5 ist mit elektromagnetischen Ventilen 5a bis 5d versehen, die jeweils zwischen einem Beaufschlagungs- oder Erhöhungszustand, einem Haltezustand und einem Entlastungszustand bezüglich der Übertragung des Bremsfluids an die jeweiligen Räder 1a bis 1d verstellbar sind. Die elektromagnetischen Ventile 5a bis 5d werden durch Steuersignale von einer einen Mikrocomputer enthaltenden Steuereinheit 6 betätigt. Andererseits werden als Sensoren, die die Eingänge für die Steuereinheit 6 erzeugen, die erwähnten Radgeschwindigkeitssensoren 3a bis 3d, ein Lenkwinkelsensor 8 zur Überwachung der Winkelposition eines Lenkrades 9, ein Winkelgeschwindigkeitssensor 7 zur Erfassung der Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs, und Beschleunigungssensoren 11a und 11b zur Erfassung der auf das Fahrzeug ausgeübten Längsbeschleunigungen und Querschleunigungen verwendet. Das heißt, daß die Steuereinheit 6 die Steuersignale zum Betreiben der elektromagnetischen Ventile 5a bis 5d ableitet.

Die elektromagnetischen Ventile 5a bis 5d sind Dreiwegeventile, so daß der im Hauptbremszylinder 4 aufgebaute Fluiddruck unverändert übertragen wird, wenn der Steuerstrom für die Ventile unterbrochen ist, die Fluidverbindung unterbrochen ist, daß der Bremsfluiddruck in den Radbremszylindern 2a bis 2d konstant gehalten wird, wenn in die Ventile der Steuerstrom 1a (A) fließt, und daß die Bremsflüssigkeit in den Radbremszylindern 2a bis 2d zur Verringerung des Bremsfluids entlastet wird, wenn in die elektromagnetischen Ventile 5a bis 5d der Steuerstrom 1b (A) fließt.

Nun wird mit Bezug auf die obenbeschriebene erfindungsgemäße Antiblockiersteuereinrichtung der grundlegende Steuerbetrieb beschrieben.

Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Systeme bekannt, mit denen grundlegende Steueroperationen in der Antiblockiersteuereinrichtung ausgeführt werden können. Die jeweiligen Radgeschwindigkeiten, die über die Radgeschwindigkeitssensoren erhalten werden, werden folgendermaßen bezeichnet:

$V_{fr}$ : Geschwindigkeit des rechten Vorderrades,  
 $V_{fl}$ : Geschwindigkeit des linken Vorderrades,  
 $V_{rr}$ : Geschwindigkeit des rechten Hinterrades, und  
 $V_{rl}$ : Geschwindigkeit des linken Hinterrades.

Die Schlupfverhältnisse an den jeweiligen Rädern können folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$S_{fr} = (V - V_{fr})/V;$$

60 Schlupfverhältnis des rechten Vorderrades,

$$S_{fl} = (V - V_{fl})/V;$$

Schlupfverhältnis des linken Vorderrades,

$$S_{rr} = (V - V_{rr})/V;$$

65 Schlupfverhältnis des rechten Hinterrades, und

$$S_{rl} = (V - V_{rl})/V;$$

Schlupfverhältnis des linken Hinterrades.

In Fig. 5 ist eine wohlbekannte Beziehung zwischen dem Reibungskoeffizienten  $\mu$  und dem Radschlupfverhältnis  $S$  gezeigt, die mit  $\mu$ -S-Kennlinie bezeichnet wird. Um den maximalen Reibungskoeffizienten  $\mu$  zu erhalten, wird das Schlupfverhältnis  $S$  an jedem Rad auf einen Wert in der Umgebung von 0,2 gesetzt. Wenn die Schlupfverhältnisse einiger oder sämtlicher Räder übermäßig groß werden, werden die elektromagnetischen Ventile 5a bis 5d so betätigt, daß die Bremsfluiddrücke in den jeweiligen Radbremszylindern 2a bis 2d abgesenkt werden. Dies hat zur Folge, daß die jeweilige Radgeschwindigkeit ansteigt, um sich allmählich der Fahrzeuggeschwindigkeit anzunähern, wodurch das Schlupfverhältnis wieder verkleinert wird.

Wenn andererseits die Schlupfverhältnisse im wesentlichen kleine Werte besitzen, werden die Bremsfluiddrücke in den Radbremszylindern 2a bis 2d erhöht, um ein erhöhtes Bremsdrehmoment an die Räder anzulegen und so die Schlupfverhältnisse zu erhöhen.

Durch Wiederholung des obigen Prozesses zur Veränderung des Bremsfluiddrucks in den Radbremszylindern 2a bis 2d werden die Schlupfverhältnisse der einzelnen Räder dem vorgegebenen Soll-Wert angenähert, wodurch eine optimale Bremskraft erzielt wird. Zusätzlich kann durch den obenbeschriebenen Prozeß die Bremsstabilität erhöht werden, ohne daß die zur Fahrstabilität beitragende Seitenführungskraft verringert wird.

Der obenbeschriebene Betrieb ist jedoch auf gleiche Fahrbahnzustände an allen vier Rädern ausgelegt. Die Bremskräfte an den jeweiligen Rädern 1a bis 1d werden folgendermaßen bezeichnet:

$F_{fr}$ : Bremskraft am rechten Vorderrad,

$F_{fl}$ : Bremskraft am linken Vorderrad,

$F_{rr}$ : Bremskraft am rechten Hinterrad, und

$F_{rl}$ : Bremskraft am linken Hinterrad.

Wenn zwischen den vertikalen Lasten  $W_f$  und  $W_r$  an den linken bzw. an den rechten Vorder- und Hinterrädern 1a bis 1d kein Unterschied besteht und wenn die Reibungskoeffizienten  $\mu$  an den jeweiligen Rädern gleich sind, gelten die folgenden Gleichungen:

$$F_{fl} = F_{fr} = \mu \cdot W_f,$$

$$F_{rl} = F_{rr} = \mu \cdot W_r.$$

Da in diesem Fall die Bremskräfte an den linken und an den rechten Rädern nicht verschieden sind, wird kein Drehmoment um den Schwerpunkt des Fahrzeugs (Schleuder- oder Giermoment) erzeugt. Daher bleibt die Fahrstabilität in diesem Fall erhalten.

Wenn andererseits zwischen den Reibungskoeffizienten an den linken bzw. an den rechten Rädern ein Unterschied besteht und wenn angenommen wird, daß der Reibungskoeffizient an den rechten Rädern höher als der Reibungskoeffizient an den linken Rädern ist, d. h. wenn gilt:  $\mu_r > \mu_l$  (dieser Zustand ist in Fig. 4 erläutert) gelten die folgenden Gleichungen:

$$F_{fr} = \mu_r \cdot W_f > F_{fl} = \mu_l \cdot W_f,$$

$$F_{rr} = \mu_r \cdot W_r > F_{rl} = \mu_l \cdot W_r.$$

Da außerdem während des Bremsvorgangs die Last  $W_f$  an den Vorderrädern größer als die Last  $W_r$  an den Hinterrädern ist, gilt:  $F_{fr} > F_{rr}$  und  $F_{fl} > F_{rl}$ . Daher kann das Giermoment um den Schwerpunkt folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$M_b = b_r(F_{fr} + F_{rr}) - b_l(F_{fl} + F_{rl}) \\ = l_r(C_{fr} + C_{fn}) - l_r(C_{rr} + C_{rl}),$$

Hierbei sind  $C_{fr}$ ,  $C_{fn}$ ,  $C_{rr}$  und  $C_{rl}$  die am rechten Vorderrad, am linken Vorderrad, am rechten Hinterrad bzw. am linken Hinterrad erzeugten Seitenführungskräfte. Der maximale Wert einer jeden dieser Seitenführungskräfte ist kleiner oder gleich der in Fig. 5 gezeigten Seitenführungskraft  $\tau$ .

Wenn andererseits gilt:

$$M_b = b_r(F_{fr} + F_{rr}) - b_l(F_{fl} + F_{rl}) \\ < l_r(C_{fr} + C_{fn}) - l_r(C_{rr} + C_{rl}),$$

wird das durch die Bremskraftdifferenz zwischen den linken und den rechten Rädern erzeugte Moment durch die Seitenführungskräfte der Reifen kompensiert. Daher wirkt auf das Fahrzeug kein Drehmoment oder Giermoment.

Bei einer zunehmenden Differenz des Reibungskoeffizienten zwischen den linken und den rechten Rädern wird jedoch die obige Formel folgendermaßen geändert:

$$M_b = b_r(F_{fr} + F_{rr}) - b_l(F_{fl} + F_{rl}) \\ > l_r(C_{fr} + C_{fn}) - l_r(C_{rr} + C_{rl}).$$

Dann führt das Fahrzeug eine Gierbewegung aus.

Diese Gierbewegung wird durch den Zustand der Fahrbahn und gegen den Lenkvorgang des Fahrers und somit gegen die Absicht des Fahrers hervorgerufen. Außerdem wird eine solche Gierbewegung vom Fahrer nicht erwartet, so daß eine plötzliche Gierbewegung die Ausführung eines dieser Bewegung entgegenwirkenden Lenkvorgangs unmöglich ist.

Daher wird erfindungsgemäß das Giermoment als Gierwinkelbeschleunigung erfaßt, um die Ungleichheit zwischen den Bremskräften positiv zu kompensieren, indem die Soll-Schlupfverhältnisse zwischen den linken und den rechten Rädern angepaßt werden.

In einem Verfahren zu Erfassung der Gierwinkelbeschleunigung wird ein Winkelgeschwindigkeitssensor verwendet. In diesem Verfahren mißt der Winkelgeschwindigkeitssensor 7, der an der Fahrzeugkarosserie angebracht ist, die Giergeschwindigkeit  $\omega$ . Die gemessene Giergeschwindigkeit  $\omega$  wird differenziert, um die Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega/dt$  zu erhalten.

In einem weiteren Verfahren zur Erfassung der Gierwinkelbeschleunigung werden Beschleunigungssensoren verwendet. Beispielsweise werden Paare von Beschleunigungssensoren 11a, 11b, 11c und 11d verwendet, um die Beschleunigungen zu messen, wie in den Fig. 3A und 3B gezeigt ist. Auf der Grundlage der gemessenen Beschleunigungen wird ein Fehlersignal, das eine Differenz zwischen den gemessenen Beschleunigungswerten darstellt, abgeleitet und bei der Berechnung der Gierwinkelbeschleunigung verwendet. Im folgenden wird ein Beispiel für die Ableitung der Gierwinkelbeschleunigung anhand der für die Messung der Beschleunigungen verwendeten Beschleunigungssensoren 11a und 11b beschrieben. Es wird angenommen, daß auf den Beschleunigungssensor 11a eine Beschleunigung in positiver Richtung (in der durch den Pfeil angezeigten Richtung) wirkt, während auf den Beschleunigungssensor 11b eine Beschleunigung in negativer Richtung (in der der Pfeilrichtung entgegengesetzten Richtung) wirkt. Dann kann die erzeugte Beschleunigung durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$G(d\omega/dt) = (L/2) \cdot d\omega/dt \quad (1),$$

wobei

$G(dw/dt)$  die durch  $d\omega/dt$  erzeugte Beschleunigung ist;  $L$  der Abstand zwischen den Beschleunigungssensoren 11a und 11b ist; und  $d\omega/dt$  die Gierwinkelbeschleunigung ist.

Da die vom entsprechenden Beschleunigungssensor erfaßte Beschleunigung praktisch die Komponente der Längsbeschleunigung  $G_B$  im Schwerpunkt enthält, kann die Beschleunigung folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$G_1 = G_B + (L/2) \cdot d\omega/dt$$

wobei  $G_1$  die Beschleunigung im Meßpunkt ist, an dem

der Beschleunigungssensor 11a vorgesehen ist; und  $G_B$  die Längsbeschleunigung im Schwerpunkt ist.

Andererseits ist am Meßpunkt, an dem der Beschleunigungssensor 11b vorgesehen ist, lediglich das Vorzeichen der zweiten Komponente umgekehrt, so daß gilt:

$$G_2 = G_B - (L/2) \cdot d\omega/dt$$

Daraus kann die Gierbeschleunigung  $d\omega/dt$  unter Verwendung der Meßwerte  $G_1$  und  $G_2$  durch die folgende Gleichung abgeleitet werden:

$$d\omega/dt = (G_1 - G_2)/L \quad (2).$$

Das heißt, daß durch die Berechnung der obigen Gleichung (2) die Gierwinkelbeschleunigung abgeleitet werden kann.

Die zwei obenerwähnten Verfahren für die Berechnung der Gierwinkelbeschleunigung werden mittels eines in der Steuereinheit 6 abgearbeiteten Programms verwirklicht.

Der Ablauf des Programms ist in den Fig. 6A und 6B dargestellt. Bei der praktischen Verwirklichung der Antiblockiersteuereinrichtung kann eine der beiden Routinen für die Berechnung der Gierbeschleunigung gewählt werden.

Nun wird mit Bezug auf das funktionale Blockschaltbild von Fig. 9 der Betrieb der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuereinrichtung beschrieben. Wie oben erwähnt, enthält die erfaßte Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega/dt$  eine durch den Lenkvorgang erzeugte Giermomentkomponente. Daher wird die Differenz zwischen der erfaßten Gierbeschleunigung  $d\omega/dt$  und der auf der Grundlage der Lenkwinkelgeschwindigkeit abgeleiteten Soll-Gierbeschleunigung  $d\omega/dt_R$  berechnet, um die durch den Lenkvorgang hervorgerufene Gierwinkelbeschleunigung abzuleiten. Es ist allgemein bekannt, daß die sekundäre Verzögerungskomponente der Lenkwinkelgeschwindigkeit  $d\Theta/dt$  zu der durch den Lenkvorgang erzeugten Gierwinkelbeschleunigung proportional ist. Daher kann durch die Erzeugung der proportionalen Komponente in einem Block 91 und der sekundären Verzögerungskomponente in einem Block 92 auf der Grundlage der Lenkgeschwindigkeit  $d\Theta/dt$  die Soll-Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega/dt_R$  erzeugt werden.

Die so erzeugte Soll-Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega/dt_R$  wird mit der Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega/dt$  der Fahrzeugkarosserie, die wie in den Fig. 6A oder 6B erläutert erzeugt wird, verglichen, um eine Differenz  $\beta$  abzuleiten.

Dann werden auf der Grundlage der so abgeleiteten

Gierwinkelbeschleunigungsdifferenz  $\beta$  in den Blöcken 93, 94, 95 und 96 die Soll-Schlupfverhältnisse  $S_{fr}$ ,  $S_{fl}$ ,  $S_{rr}$  bzw.  $S_{rl}$  der jeweiligen Räder abgeleitet. Für diese Blöcke 93, 94, 95 und 96 sind Tabellen vorgesehen, die der Ableitung des Soll-Schlupfverhältnisses anhand der Gierwinkelbeschleunigungsdifferenz  $\beta$  dienen. In der Praxis besitzt die Tabelle für die Ableitung des Soll-Schlupfverhältnisses eine Form, wie sie in den Fig. 2A und 2B gezeigt ist.

In den Blöcken 97a bis 97d werden auf der Grundlage einer vorhergesagten Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$ , der Soll-Schlupfverhältnisse  $S_{fr}$ ,  $S_{fl}$ ,  $S_{rr}$  und  $S_{rl}$  und der Radgeschwindigkeiten  $V_{fr}$ ,  $V_{fl}$ ,  $V_{rr}$  und  $V_{rl}$  die Soll-Radgeschwindigkeiten  $V_{fr}$ ,  $V_{fl}$ ,  $V_{rr}$  und  $V_{rl}$  durch die folgenden Gleichungen berechnet:

$$V_{fr} = V \cdot (1 - S_{fr}) \quad (3)$$

$$V_{fl} = V \cdot (1 - S_{fl}) \quad (4)$$

$$V_{rr} = V \cdot (1 - S_{rr}) \quad (5)$$

$$V_{rl} = V \cdot (1 - S_{rl}) \quad (6)$$

Auf der Grundlage der Differenz zwischen einerseits den Soll-Radgeschwindigkeiten  $V_{fr}$ ,  $V_{fl}$ ,  $V_{rr}$  und  $V_{rl}$  und andererseits den tatsächlichen Radgeschwindigkeiten  $V_{fr}$ ,  $V_{fl}$ ,  $V_{rr}$  und  $V_{rl}$  werden die Betriebsarten der jeweiligen elektromagnetischen Ventile 5a bis 5d zwischen einer ER-HÖHUNGS-Betriebsart zur Erhöhung des Bremsfluiddrucks, einer HALTE-Betriebsart zum Konstanthalten des Bremsfluiddrucks und einer ENT-LASTUNGS-Betriebsart zum Absenken des Bremsfluiddrucks ausgewählt.

Nun wird die Operation in den Blöcken in Fig. 9 genauer erläutert. Hierbei werden die Berechnung bis zur Ableitung des Soll-Schlupfverhältnisses für jedes Rad und die Berechnung für die Ableitung eines Steuerwertes für jedes Rad zur Erzielung des Soll-Schlupfverhältnisses getrennt beschrieben. In Fig. 7 ist ein Flußdiagramm einer Routine zur Ableitung des Soll-Schlupfverhältnisses gezeigt. In dem Flußdiagramm von Fig. 7 entspricht der Schritt 701 dem Block 91, der Schritt 705 dem Block 92 und der Schritt 707 den Blöcken 93, 94, 95 und 96.

In dem Flußdiagramm von Fig. 7 bilden die Schritte 701 bis 703 eine Funktionsabfolge zur Ableitung eines differenzierten Signals  $d\Theta/dt$  der Lenkwinkelposition  $\Theta$ . Im Schritt 701 wird ein Signal vom Lenkwinkelsensor 8 ausgelesen. Im Schritt 702 wird das ausgelesene und den Lenkwinkel anzeigende Signal differenziert. Im Schritt 703 werden die Daten aktualisiert, indem sie für die Verwendung im nächsten Berechnungszyklus verschoben werden.

Im Schritt 704 wird mittels einer Nachschlagtabelle eine Soll-Winkelbeschleunigung  $d\omega/dt_R$  abgeleitet. Die für die Ableitung der Soll-Winkelbeschleunigung  $d\omega/dt_R$  verwendete Tabelle ist im Block 91 von Fig. 9 erläutert und zur Lenkwinkelgeschwindigkeit  $d\Theta/dt$  proportional. Wie aus dem Block 91 von Fig. 9 ersichtlich, sind für den linken und den rechten Einschlagwinkel obere Grenzen vorgesehen. Im Schritt 704 (der dem Block 92 in Fig. 9 entspricht), wird ein zur Lenkwinkelgeschwindigkeit proportionales, nach rechts gerichtetes Gierwinkelbeschleunigungssignal  $d\omega/dt_R$  abgeleitet, wenn ein Lenkvorgang nach rechts ausgeführt wird. Umgekehrt wird ein nach links gerichtetes Gierwinkelbeschleunigungssignal, das ebenfalls zur Lenkwinkelgeschwindig-

keit proportional ist, abgeleitet, wenn ein Lenkvorgang nach links ausgeführt wird.

Im praktischen Fahrbetrieb wird die Gierwinkelbeschleunigung jedoch nicht unmittelbar nach dem Lenkvorgang erzeugt. Daher wird im Schritt 705 ein Verzögerungselement wie etwa ein sekundäres Verzögerungselement vorgesehen.

Die so abgeleitete Referenz-Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega/dt_R$  wird mit der tatsächlich erfaßten Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega/dt$  verglichen, um eine Differenz zwischen diesen Größen zu erhalten, die als Gierwinkelbeschleunigungsdifferenz  $\beta$  dient.

Dann wird die Tabelle abgerufen, um in einem Schritt 707 für jedes der Räder das Soll-Schlupfverhältnis abzuleiten. Die bei dieser Verarbeitung verwendeten Tabellen sind in den Blöcken 93 bis 95 in Fig. 9 und in den Fig. 2A und 2B gezeigt. Die Tabellennachschlagoperation wird für die Soll-Schlupfverhältnisse  $S_{flL}$ ,  $S_{flR}$ ,  $S_{rlL}$  und  $S_{rlR}$  ausgeführt. Im wesentlichen ist die gezeigte Tabelle so beschaffen, daß das Soll-Schlupfverhältnis abnimmt, wenn eine Gierwinkelbeschleunigung, die größer als die Referenz-Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega/dt_R$  ist, erzeugt wird. Wie in Fig. 5 gezeigt, hat dies zur Folge, daß das Soll-Schlupfverhältnis für die rechten Räder, das auf einen Wert in der Umgebung von 0,2 gesetzt ist, auf einen Wert abgesenkt wird, der kleiner oder gleich 0,1 ist, um den Reibungskoeffizienten  $\mu$  zu verringern, wodurch ein Giermoment nach links erzeugt wird.

Nun wird die Verarbeitung der Steuerung eines jeden der Räder auf das Soll-Schlupfverhältnis beschrieben. Hierbei wird mit Bezug auf Fig. 10 das rechte Vorderrad (Index fr) genau beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, daß in Fig. 10 der Steuerbetrieb zur Steuerung der Radgeschwindigkeit  $V_{fr}$  auf die Soll-Radgeschwindigkeit  $V_{frL}$ , die anhand des Soll-Schlupfverhältnisses  $S_{flR}$  durch Berechnung der obigen Gleichung (3) abgeleitet wird, gezeigt ist. Außerdem bezeichnen die Zeichen A bis D Betriebszustände des Hydraulikventils, wobei die Betriebszustände im folgenden erläutert werden:

#### Zustand A

Für die Radbeschleunigung  $G_{fr}$  gilt:  $G_{fr} < G_L$ , so daß der Bremsfluiddruck konstant gehalten wird (HALTE-Betriebsart).

#### Zustand B

Für die Radgeschwindigkeit  $V_{fr}$  und die Soll-Radgeschwindigkeit  $V_{frL}$  gilt:  $V_{fr} < V_{frL}$ , so daß der Bremsfluiddruck abgesenkt wird (ENTLASTUNGS-Betriebsart).

#### Zustand C

Für die Radbeschleunigung  $G_{fr}$  gilt:  $G_{fr} > G_H$ , so daß der Bremsfluiddruck konstant gehalten wird (HALTE-Betriebsart); und

#### Zustand D

Der Zustand ist von den Zuständen A bis C verschieden, so daß der Bremsfluiddruck erhöht wird (BEAUF-SCHLAGUNGS-Betriebsart).

In den obenerwähnten Zuständen stellen  $G_L$  und  $G_H$  einen unteren Referenzpegel bzw. einen oberen Referenzpegel dar, die mit der Beschleunigung  $G$  verglichen werden.

In Fig. 8 ist die Steuerungsverarbeitung entsprechend

den obenerwähnten Zuständen gezeigt. Es wird darauf hingewiesen, daß in der gezeigten Ausführungsform die in Fig. 8 gezeigte Routine jeweils nach einem vorgegebenen Intervall  $\Delta t$  (z. B. 10 ms) periodisch oder zyklisch ausgeführt wird.

Zunächst wird im Schritt 801 die Soll-Radgeschwindigkeit berechnet. Dann wird im Schritt 802 unter Verwendung der im vorhergehenden Rechenzyklus erhaltenen Radgeschwindigkeit  $V_{fr}$  die Radbeschleunigung berechnet. Im Schritt 803 wird beurteilt, ob der momentane Zustand mit dem Zustand B in Fig. 10 übereinstimmt. Im Schritt 804 wird beurteilt, ob der momentane Zustand mit dem Zustand A von Fig. 10 übereinstimmt. Wenn der momentane Zustand mit keinem der Zustände A bis C übereinstimmt, wird festgestellt, daß der momentane Zustand dem Zustand D entspricht, so daß die elektromagnetischen Ventile in der BEAUF-SCHLAGUNGS-Betriebsart betrieben werden, um den Bremsfluiddruck zu erhöhen.

Obwohl die obige Beschreibung insbesondere für das rechte Vorderrad gegeben worden ist, wird offensichtlich in den Blöcken 97b bis 97d in Fig. 9 der gleiche oder ein ähnlicher Prozeß ausgeführt, um die jeweiligen Radgeschwindigkeiten  $V_{fl}$ ,  $V_{rl}$  und  $V_{fr}$  an die Soll-Radgeschwindigkeiten  $V_{flL}$ ,  $V_{rlL}$  bzw.  $V_{frL}$  anzupassen. Die obigen Prozesse und Berechnungen werden vom Mikrocomputer in der Steuereinheit 6 ausgeführt.

Wenn in der gezeigten Ausführungsform bei betätigter Bremse in den Radbremszylindern 2a bis 2d ein übermäßiger Bremsfluiddruck aufgebaut wird, so daß die Räder 1a bis 1d zum Blockieren neigen, kann der Bremsfluiddruck in den Radbremszylindern 2a bis 2d in Abhängigkeit vom Radschlupf so gesteuert werden, daß die Bremskraft den geeigneten oder optimalen Wert besitzt. Außerdem kann während einer Betätigung der Bremse auf einer Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibungskoeffizienten  $\mu$  die Gierbewegung, die andernfalls aufgrund einer Ungleichheit zwischen den Bremskräften an den linken und an den rechten Rädern verursacht würde, durch die Veränderung der Soll-Schlupfverhältnisse  $S_{flL}$ ,  $S_{flR}$ ,  $S_{rlL}$  und  $S_{rlR}$  für die linken und rechten Räder, die auf der Grundlage der erfaßten Signale abgeleitet werden, erfolgreich kompensiert werden. Dies trägt zu einer Verhinderung plötzlicher Schwankungen der Gierwinkelgeschwindigkeit bei und macht somit die Erzielung sowohl einer zufriedenstellenden Bremsleistung als auch einer guten Fahrstabilität möglich.

Aus der obigen Beschreibung wird deutlich, daß die erfindungsgemäße Antiblockiersteuereinrichtung plötzliche Schwankungen der Gierbewegung des Fahrzeugs über die Gierwinkelbeschleunigung erfaßt, um die Schlupfverhältnisse der einzelnen Räder unabhängig voneinander zu steuern und eine Gierbewegung zu unterdrücken, bevor die Giergeschwindigkeit anwächst. Daher werden erfindungsgemäß selbst auf einer Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibungskoeffizienten  $\mu$  eine Fahrstabilität und eine optimale Bremsleistung gewährleistet, da eine plötzliche Veränderung der Gierbewegung nicht auftritt. Somit besitzt die vorliegende Erfindung den Vorteil, daß mit ihr sowohl eine gute Bremsleistung als auch eine gute Fahrstabilität erzielt werden können.

Nun wird eine praktische Ausführungsform einer Gierbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung, die in der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuereinrichtung verwendet wird, mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

Als Geräte zur Erfassung des Fahrzeugverhaltens

und der Fahrzeugbewegung sind aus JP 64-16 912-A ein Schwingungs-Gyrometer und aus JP 64-1 906-A ein Lichtleitfaser-Gyrometer bekannt. Diese Einrichtungen können in der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuer-einrichtung verwendet werden, um die Gierbeschleunigung zu erfassen. Andererseits sind solche Gyrometer zu teuer, wenn das Kraftfahrzeug als privates Fahrzeug genutzt wird.

Daher wird erfindungsgemäß für die Erfassung der Gierbeschleunigung ein Beschleunigungssensor mit verhältnismäßig einfacher Konstruktion und niedrigen Kosten vorgeschlagen.

Es wird darauf hingewiesen, daß die obige Aussage auch dann gilt, wenn die Anbringungspositionen der Beschleunigungssensoren in Fig. 3A in Drehrichtung um 90° verschoben sind.

In den Fig. 3A und 3B sind eine Draufsicht bzw. eine Rückansicht zur Erläuterung der praktischen Anordnung zweier Paare von Beschleunigungssensoren 11a und 11b bzw. 11c und 11d gezeigt. Die Gierwinkelbeschleunigung, die durch die so angeordneten Beschleunigungssensoren und durch die obenbeschriebene Verarbeitung abgeleitet wird, stimmt ungefähr mit dem differenzierten Wert des vom Gyrometer erfaßten Wertes überein, wie in Fig. 11 vergleichend dargestellt ist.

In Fig. 12 ist ein Flußdiagramm zur Erläuterung des Prozesses der Ableitung der Betriebsgröße bei einem Fahrzeug mit Vierradlenkung (4WS) gezeigt. Die gezeigte Routine beginnt jeweils nach einem gegebenen Zeitintervall von beispielsweise 5 ms. Zunächst wird vom Radgeschwindigkeitssensor die Radgeschwindigkeit ausgelesen (Schritt 81). Dann wird im Schritt 82 aus dem Lenkwinkelsensor der Lenkwinkel  $\Theta_l$  ausgelesen und in digitale Daten umgesetzt. Gleichzeitig wird außerdem ein differenzierter Wert des Lenkwinkels  $\dot{\Theta}_l$  errechnet. Im Schritt 83 wird auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$ , des Lenkwinkels  $\Theta_l$  und des differenzierten Lenkwinkels  $d\Theta_l/dt$  die Soll-Gierbeschleunigung  $d\omega_T/dt$  abgeleitet.

Im Schritt 84 wird anhand des Ausgangs der Beschleunigungssensoren 21a und 21b die Gierwinkelbeschleunigung  $d\omega_s/dt$  abgeleitet.

Dann wird die Differenz  $\Delta(d\omega/dt) = d\omega_T/dt - d\omega_s/dt$  berechnet (Schritt 85). Auf der Grundlage der so abgeleiteten Differenz  $\Delta(d\omega/dt)$  wird die Betriebsgröße  $\Theta_r$  abgeleitet, um die Steuereinheit 5 zu steuern (Schritt 86).

Die Wirkung der obenbeschriebenen Steuerung ist in den Fig. 13A und 13B gezeigt. Es wird angenommen, daß auf das Fahrzeug bei einer Betätigung der Bremse auf einer Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibungskoeffizienten  $\mu$  eine Gierbewegung entgegen dem Uhrzeigersinn verursacht wird, wie in Fig. 13A gezeigt ist. Die Gierwinkelgeschwindigkeit und der Winkel zwischen der Fahrzeuglängsachse und der Fahrtrichtung während der Gierbewegung sind für den Stand der Technik in Fig. 13B mittels der durchgezogenen Linien 91 und 92 gezeigt. Die Gierwinkelgeschwindigkeit und der Winkel zwischen der Fahrzeuglängsachse und der Fahrtrichtung für die erläuterte Ausführungsform sind in Fig. 13B mittels der unterbrochenen Linien 93 und 94 gezeigt.

Es wird darauf hingewiesen, daß es, obwohl in der obenbeschriebenen Ausführungsform zur Steuerung des Fahrzeugs die Gierwinkelbeschleunigung erfaßt wird, so daß die Gierwinkelbeschleunigung an einen Soll-Wert angeglichen wird (d. h., daß die Differenz zwischen der erfaßten Gierwinkelbeschleunigung und dem Soll-Wert verschwindet), möglich ist, die Gierwinkelbeschleunigung durch ihre Integration in eine Gierwinkel-

geschwindigkeit umzuwandeln und die Steuerung auf der Grundlage der Gierwinkelgeschwindigkeit auszuführen. Die Steuerungsverarbeitung ist im wesentlichen gleich derjenigen, die auf der Gierwinkelbeschleunigung basiert.

Nun wird mit Bezug auf die Zeichnungen ein Beispiel eines Ausfallsicherungssystems für die erfindungsgemäße Antiblockiersteuereinrichtung beschrieben, das eine Ausfallsicherungsoperation ausführt, wenn in der Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung ein Defekt auftritt.

Als Systeme zur Steuerung der Gierbewegung eines Fahrzeugs wie etwa eines Kraftfahrzeugs, die die Giergeschwindigkeit (Gierwinkelgeschwindigkeit) und die Gierwinkelbeschleunigung verwenden, sind ein aktives Radaufhängungssteuersystem, ein Vierradlenksystem (4WS), ein Brems-Antiblockiersystem (ABS), ein Traktionssteuersystem (TCS) und dergleichen bekannt. Bei derartigen Systemen können bei der normalen Steuerung der Fahrzeugbewegung Schwierigkeiten auftreten, wenn in den Sensoren für die Erfassung der Gierwinkelgeschwindigkeit oder der Gierwinkelbeschleunigung ein Defekt auftritt. Daher wird in der JP 1-2 08 256-A, die den typischen Stand der Technik darstellt, die vom Fahrer nicht beabsichtigte oder nicht angeforderte Giergeschwindigkeit erfaßt, um beurteilen zu können, ob ein abnormaler Zustand des Lenkbetriebs vorliegt, um das Schlupfverhältnis für die Vorderräder abzusinken und die Lenkwirkung unter Verringerung der Bremskraft wiederherzustellen.

In diesem Stand der Technik besteht das Problem, das aufgrund der Verlängerung des Bremsweges eine zufriedenstellende Verzögerung des Fahrzeugs nicht erhalten werden kann, obwohl die Bremskraft aufrechterhalten wird. Der Grund hierfür besteht darin, daß im oben erwähnten Stand der Technik der Ausfall der Sensoren nicht direkt erfaßt wird und daß in Abhängigkeit davon, ob eine nicht beabsichtigte Giergeschwindigkeit erzeugt wird oder nicht, eine Steuerung ausgeführt wird.

In der gezeigten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ausfallsicherungssystems wird der Betrieb des Sensors für die Erfassung der Giergeschwindigkeit oder der Gierwinkelbeschleunigung ständig überwacht, um dessen Ausfall festzustellen und um bei Auftreten eines Defekts des Sensors das Gierbewegungs-Steuersystem abzuschalten, um so eine zufriedenstellend hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit für die Bewegung des Fahrzeugs zu schaffen.

In Fig. 14 ist eine Ausführungsform des Ausfallsicherungssystems in Verbindung mit der Eingangs- und Ausgangsstruktur der Steuereinheit 6 gezeigt. In dieser Ausführungsform werden die Komponenten, die gleich oder ähnlich wie in der obigen in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform sind, durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, außerdem wird eine eingehende Beschreibung dieser Komponenten weggelassen, um die Beschreibung zu vereinfachen und eine Wiederholung der Beschreibung zu vermeiden. Die Steuereinheit 6 empfängt vom Radgeschwindigkeitssensor 3a des rechten Vorderrades, vom Radgeschwindigkeitssensor 3b des linken Vorderrades, vom Radgeschwindigkeitssensor 3c des rechten Hinterrades und vom Radgeschwindigkeitssensor 3d des linken Hinterrades Radgeschwindigkeitsdaten, von den Gierwinkelbeschleunigungssensoren 11a und 11b Gierwinkelbeschleunigungsdaten, vom Lenkwinkelsensor 8 Lenkwinkeldaten und von der Stopp-lampe 31 eine Spannung  $V$ . Auf der Grundlage der Ein-



gangsinformation werden verschiedene Rechenoperationen ausgeführt, um die elektromagnetischen Dreiwege-Hydraulikventile 5a bis 5c zu treiben. Wenn in dem System eine Abnormalität auftritt, werden eine Alarm- oder Warnlampe 32 und ein Ausfallsicherungsrelais 33 eingeschaltet.

In der gezeigten Ausführungsform der Erfindung wird unter Verwendung der Tatsache, daß die Differenz zwischen den Rotationsgeschwindigkeiten des linken und des rechten nicht angetriebenen Rades eines Fahrzeugs mit Zweiradantrieb in einem von einem Bremszustand verschiedenen Zustand proportional zur Giergeschwindigkeit ist, beurteilt, ob ein Defekt der Gierwinkelbeschleunigungssensoren 11a, 11b oder 21a, 21b vorliegt. Die Differenz zwischen den Rotationsgeschwindigkeiten der nicht angetriebenen Rädern (der Räder 1a und 1b bei einem Fahrzeug mit Frontmotor und Hinterradantrieb bzw. die Räder 1c und 1d bei einem Fahrzeug mit Frontmotor und Vorderradantrieb) kann folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$\psi = (V_r - V_n)/L_t \quad (7)$$

wobei  $L_t$  die Spurweite des Fahrzeugs ist.

In Fig. 15 ist ein Flußdiagramm zur Erläuterung des Prozesses der Erfassung eines Ausfalls, der in der Steuereinheit 6 abgearbeitet wird, gezeigt.

Zunächst wird im Schritt 521 beurteilt, ob eine Stopplampe eingeschaltet ist. Wenn die Stopplampe eingeschaltet ist, geht der Prozeß direkt zum ENDE, ohne die im folgenden erwähnten Prozesse auszuführen. Wenn die Stopplampe nicht eingeschaltet ist, geht der Prozeß weiter zum Schritt 522, um die erfaßten Werte  $G_a$  und  $G_b$  der Gierwinkelbeschleunigungssensoren 11a und 11b auszulesen. Im Schritt 523 wird die Gierwinkelbeschleunigung  $d\psi/dt$  folgendermaßen dargestellt:

$$d\psi/dt = k_1 \cdot (G_a - G_b) \quad (8)$$

Dann werden im Schritt 524 die Radgeschwindigkeiten  $V_r$  und  $V_n$  der nicht angetriebenen Räder ausgelesen. Auf der Grundlage der ausgelesenen Radgeschwindigkeiten  $V_r$  und  $V_n$  der nicht angetriebenen Räder wird mittels der folgenden Gleichung eine Pseudogiergeschwindigkeit  $\psi^*$  berechnet:

$$\psi^* = k_2 \cdot (V_r - V_n) \quad (9)$$

Dann wird im Schritt 526 der differenzierte Wert  $d\psi^*/dt$  der Pseudogiergeschwindigkeit  $\psi^*$  berechnet.

Anschließend wird im Schritt 527 beurteilt, ob die Differenz  $|d\psi/dt - d\psi^*/dt|$  zwischen der Gierwinkelbeschleunigung  $d\psi/dt$  und der Pseudogierwinkelbeschleunigung  $d\psi^*/dt$  größer als ein vorgegebener Wert  $k_3$  ist. Wenn diese Differenz kleiner ist, wird festgestellt, daß kein Defekt aufgetreten ist, woraufhin der Prozeß beendet ist. Wenn andererseits diese Differenz größer als der vorgegebene Wert  $k_3$  ist, wird im Schritt 528 festgestellt, ob ein Zeitintervall, in dem die Differenz größer als der vorgegebene Wert  $k_3$  ist, eine vorgegebene Dauer  $k_4$  übersteigt. Wenn nicht, wird ebenfalls festgestellt, daß kein Defekt aufgetreten ist, woraufhin der Prozeß beendet ist. Wenn andererseits das Zeitintervall die vorgegebene Dauer  $k_4$  übersteigt, werden im Schritt 529 das Ausfallsicherungsrelais ausgeschaltet und die Warnlampe 32 eingeschaltet.

In der obigen Ausführungsform kann ein Ausfall des Gierwinkelbeschleunigungssensors leicht und kosten-

günstig festgestellt werden, so daß die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems erhöht wird.

Nun wird eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antiblockiersteuereinrichtung beschrieben. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform durch die Verwendung eines Gierwinkelgeschwindigkeitssensors anstelle des in Fig. 7 gezeigten Gierwinkelbeschleunigungssensors 7; außerdem sind auch die Beschleunigungssensoren 11a und 11b weggelassen. Auf einer Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibungskoeffizienten  $\mu$  wird ähnlich wie in der obenbeschriebenen ersten Ausführungsform das Giermoment aufgrund einer Differenz zwischen den Bremskräften an den linken und den rechten Rädern erzeugt, so daß die Giergeschwindigkeit veränderlich ist. Diese Giergeschwindigkeit wird mittels eines Sensors (wie etwa eines Schwingungs-Gyrometers, eines optischen Gyrometers oder dergleichen) erfaßt. Wenn die Schwingungsamplitude der Giergeschwindigkeit groß ist, wird der Bremsfluiddruck am Rad mit höherem Fahrbahnreibungskoeffizienten  $\mu$  abgesenkt, um die Erzeugung des Giermomentes zu kompensieren. Um die Zuverlässigkeit dieses Systems zu steigern, wird ähnlich wie in der obenbeschriebenen ersten Ausführungsform die auf der Grundlage der Differenz zwischen den Radgeschwindigkeiten der nicht angetriebenen Räder abgeleitete vorhergesagte Giergeschwindigkeit kontinuierlich mit dem Ausgang des Sensors verglichen. Wenn die Differenz zwischen der vorhergesagten Giergeschwindigkeit und dem Ausgangswert des Sensors größer als ein vorgegebener Wert ist und für eine Dauer, die länger als eine vorgegebene Dauer ist, aufrechterhalten wird, wird festgestellt, daß im Sensor ein Defekt aufgetreten ist, so daß das System abgeschaltet wird. Es wird darauf hingewiesen, daß die Zuverlässigkeit der Antiblockiersteuereinrichtung durch die Verwendung eines redundanten Sensorsystems zur Erfassung der Giergeschwindigkeit verbessert werden kann.

Nun wird eine weitere Ausführungsform des Ausfallsicherungs-systems erläutert. In dieser Ausführungsform werden in der Antiblockiersteuereinrichtung sowohl die Gierwinkelbeschleunigungssensoren 11a und 11b als auch der Giergeschwindigkeitssensor verwendet. In der Ausführungsform werden die von den Gierwinkelbeschleunigungssensoren 11a und 11b erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen und ein differenzierter Wert der vom Giergeschwindigkeitssensor erfaßten Gierwinkelgeschwindigkeit miteinander verglichen, wobei festgestellt wird, daß ein Defekt aufgetreten ist, wenn die Differenz größer als ein vorgegebener Wert ist und während einer Dauer, die länger als eine vorgegebene Dauer ist, aufrechterhalten bleibt. In diesem Fall wird das System abgeschaltet.

Es ist ersichtlich, daß in dieser Ausführungsform durch die Verwendung eines redundanten Sensorsystems eine höhere Zuverlässigkeit erzielt werden kann.

Nun wird eine weitere Ausführungsform des Ausfallsicherungs-systems beschrieben. In dieser Ausführungsform wird ein redundantes Sensorsystem verwirklicht, in dem zwei Paare von Gierwinkelbeschleunigungssensoren (insgesamt vier Sensoren) verwendet werden. Durch die Verwendung eines solchen redundanten Doppelsensorsystems kann eine hohe Zuverlässigkeit erzielt werden. In diesem Fall kann die Erfassung eines Defekts der Sensoren durch die Verwendung der vorhergesagten Giergeschwindigkeit, die auf der Grundlage der Differenz zwischen den Radgeschwindigkeiten der nicht angetriebenen Rädern abgeleitet wird, oder



durch die Anordnung eines Giergeschwindigkeitssensors und die Verwendung des differenzierten Wertes des von diesem Giergeschwindigkeitssensor erfaßten Wertes ausgeführt werden. Außerdem ist es möglich, eine Differenz zwischen den erfaßten Werten der zwei Paare von Gierwinkelbeschleunigungssensoren abzuleiten, um zu beurteilen, daß in den Sensoren ein Defekt aufgetreten ist, wenn die Differenz, die größer als ein vorgegebener Wert ist, während einer Dauer, die länger als eine vorgegebene Dauer ist, aufrechterhalten wird. Durch die Verwendung des redundanten Sensorsystems kann bei Auftreten eines Defekts in einem Sensorsystem die Gierbewegungssteuerung fortgeführt werden, indem das keinen Defekt zeigende andere Sensorsystem verwendet wird, um die Möglichkeit eines plötzlichen Ausfalls der Gierbewegungssteuerung zu vermeiden. Ferner kann bei Aufrechterhaltung der Gierbewegungssteuerung an den Fahrer ein Alarm ausgegeben werden, der die Reparatur des fehlerhaften Sensorsystems fordert.

Es ist ersichtlich, daß die gezeigten Ausführungsformen des Ausfallsicherungssystems die Zuverlässigkeit des Gierbewegungs-Steuersystems wie etwa der Antiblockiersteuereinrichtung erhöhen können.

#### Patentansprüche

1. Antiblockiersteuereinrichtung für Kraftfahrzeuge, mit Einrichtungen (5a, 5b, 5c, 5d), die unabhängig voneinander für jedes Rad (1a, 1b, 1c, 1d) des Fahrzeugs vorgesehen sind, um jeweils aufgrund eines Steuersignals den Bremsfluiddruck für jedes der Räder (1a, 1b, 1c, 1d) zu steuern; und Einrichtungen (3a, 3b, 3c, 3d) zur Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeit (V) und der Rotationsgeschwindigkeiten ( $V_{fl}$ ,  $V_{fr}$ ,  $V_{rl}$ ,  $V_{rr}$ ) der Räder (1a, 1b, 1c, 1d) und zum Ableiten von Schlupfverhältnissen ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) der Räder (1a, 1b, 1c, 1d) auf der Grundlage der erfaßten Werte (V,  $V_{fl}$ ,  $V_{fr}$ ,  $V_{rl}$ ,  $V_{rr}$ ), gekennzeichnet durch Einrichtungen (7, 11a, 11b) zur Erfassung einer tatsächlichen Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) des Fahrzeugs; eine Einrichtung (6) zum Festsetzen von Soll-Werten ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) für die Schlupfverhältnisse der Räder (1a, 1b, 1c, 1d) auf der Grundlage der erfaßten Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) für jedes Rad unabhängig von den anderen; und eine Steuersignal-Erzeugungseinrichtung (6) zur Erzeugung der Steuersignale für die Bremsfluiddruck-Steuereinrichtungen (5a, 5b, 5c, 5d), um so die abgeleiteten Schlupfverhältnisse ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) an die Soll-Werte ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) anzupassen.
2. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen zwei Beschleunigungssensoren (11a, 11b) umfassen, die die gleichen Beschleunigungserfassungsrichtungen besitzen und in gegenseitigem Abstand in einer durch den Fahrzeugschwerpunkt verlaufenden gemeinsamen Ebene fest angeordnet sind, und die Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) auf der Grundlage einer Differenz der Ausgänge der zwei Beschleunigungssensoren (11a, 11b) abgeleitet wird.
3. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (8) zur Erfassung der Winkelge-

schwindigkeit ( $d\theta/dt$ ) des Lenkrades (9) des Fahrzeugs und eine Einrichtung (6) zur Berechnung einer durch den Lenkvorgang erzeugten Soll-Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega_R/dt$ ) auf der Grundlage der Lenkwinkelgeschwindigkeit ( $d\theta/dt$ ) vorgesehen sind und

die Festsetzungseinrichtung (6) eine Einrichtung umfaßt, die die Soll-Werte ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) der Schlupfverhältnisse der Räder auf der Grundlage des von den Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen (7, 11a, 11b) erfaßten Wertes der tatsächlichen Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) und der von der Soll-Gierwinkelbeschleunigung-Berechnungseinrichtung (6, 8) abgeleiteten Soll-Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega_R/dt$ ) festsetzt.

4. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen einen Winkelgeschwindigkeitssensor zur Erfassung der Winkelgeschwindigkeit ( $\omega$ ) des Fahrzeugs umfaßt und die Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) durch Differenzieren des Wertes der vom Winkelgeschwindigkeitssensor erfaßten Winkelgeschwindigkeit ( $\omega$ ) abgeleitet wird.

5. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkelgeschwindigkeitssensor ein Lichtleitfaser-Gyrometer umfaßt.

6. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkelgeschwindigkeitssensor ein Schwingungs-Gyrometer umfaßt.

7. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (6) zum Festlegen des Soll-Wertes der Schlupfverhältnisse für die Räder die Soll-Werte ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) der Schlupfverhältnisse für sämtliche Räder (1a, 1b, 1c, 1d) festlegt, um die Reibungskoeffizienten ( $\mu$ ) sämtlicher Räder und der Fahrbahn in Abhängigkeit von der Differenz ( $\beta$ ) zwischen dem Wert der Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) und dem Wert der Soll-Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega_R/dt$ ) im wesentlichen aneinander anzugleichen.

8. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollwert-Festlegungseinrichtung eine Einrichtung zum Speichern einer Tabelle aufweist, wobei die Tabelle die Schlupfverhältnisse der jeweiligen Vorderräder (1a, 1b) in Abhängigkeit von der Differenz ( $\beta$ ) zwischen dem Wert der Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) und dem Wert der Soll-Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega_R/dt$ ) angibt.

9. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Tabelle für das rechte Rad (1a, 1c) eine Kennlinie besitzt, gemäß der das Soll-Schlupfverhältnis bei einer Zunahme der Differenz ( $\beta$ ) zwischen dem Wert der Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) und dem Wert der Soll-Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega_R/dt$ ) verringert wird, wenn die Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) so gerichtet ist, daß das Fahrzeug eine Gierbewegung nach rechts ausführt.

10. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Tabelle für das linke Rad (1b, 1d) eine Kennlinie besitzt, gemäß der das Soll-Schlupfverhältnis bei einer Zunahme der Differenz ( $\beta$ ) zwischen dem Wert der Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) und dem Wert der Soll-

Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega_R/dt$ ) verringert wird, wenn die Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) so gerichtet ist, daß das Fahrzeug eine Gierbewegung nach links ausführt.

11. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Erfassung der tatsächlichen Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) des Fahrzeugs ein Paar von Beschleunigungssensoren (11a, 11b) zur Erfassung der Längsbeschleunigung, die auf einer durch den Schwerpunkt des Fahrzeugs verlaufenden Querachse an seitlichen Positionen angeordnet sind, die in bezug auf die Längsachse des Fahrzeugs symmetrisch sind, und eine Einrichtung (6) zur Ausgabe einer Differenz der Ausgänge der Beschleunigungssensoren (11a, 11b) als tatsächliche Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) umfaßt.

12. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Erfassung der tatsächlichen Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) des Fahrzeugs ein Paar von Beschleunigungssensoren (11a, 11b) zur Erfassung der Querbeschleunigung, die auf einer durch den Schwerpunkt des Fahrzeugs verlaufenden Querachse an seitlichen Positionen angeordnet sind, die in bezug auf die Längsachse des Fahrzeugs symmetrisch sind, und eine Einrichtung (6) zur Ausgabe einer Differenz zwischen den Ausgängen der Beschleunigungssensoren (11a, 11b) als tatsächliche Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ).

13. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet durch, eine weitere Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung, eine Einrichtung (6) zum Vergleichen der Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den Gierwinkelbeschleunigungen, die von den beiden Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen erfaßt werden, um zu beurteilen, ob die Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen einen vorgegebenen Wert ( $k_3$ ) übersteigt, eine Einrichtung (6) zum Messen eines Zeitintervalls, während dem die Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen oberhalb des vorgegebenen Wertes ( $k_3$ ) liegt, um zu beurteilen, ob das gemessene Zeitintervall ein vorgegebenes Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt, und eine Einrichtung (32) zum Ausgeben einer Warnung aufgrund der Feststellung, daß das gemessene Zeitintervall das vorgegebene Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt.

14. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet durch, eine weitere Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung, eine Einrichtung (6) zum Vergleichen der Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den Gierwinkelbeschleunigungen, die von den beiden Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen erfaßt werden, um zu beurteilen, ob die Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen einen vorgegebenen Wert ( $k_3$ ) übersteigt, eine Einrichtung (6) zum Messen eines Zeitintervalls, während dem die Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen oberhalb des vorgegebenen Wertes ( $k_3$ ) liegt, um zu beurteilen, ob das gemessene Zeitintervall ein vorgegebenes Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt, und eine Einrichtung (31, 33) zur Inaktivierung der Steuersignal-Erzeugungseinrichtung (6) aufgrund der Feststellung, daß das gemessene Zeitintervall das vorgegebene Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt.

15. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 4, gekennzeichnet durch, eine weitere Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung, eine Einrichtung (6) zum Vergleichen der Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den Gierwinkelbeschleunigungen, die von den beiden Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen erfaßt werden, um zu beurteilen, ob die Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen einen vorgegebenen Wert ( $k_3$ ) übersteigt, eine Einrichtung (6) zum Messen eines Zeitintervalls, während dem die Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

der erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen oberhalb des vorgegebenen Wertes ( $k_3$ ) liegt, um zu beurteilen, ob das gemessene Zeitintervall ein vorgegebenes Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt, und eine Einrichtung (32) zum Ausgeben einer Warnung aufgrund der Feststellung, daß das gemessene Zeitintervall das vorgegebene Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt.

16. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 4, gekennzeichnet durch, eine weitere Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung, eine Einrichtung (6) zum Vergleichen der Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den Gierwinkelbeschleunigungen, die von den beiden Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen erfaßt werden, um zu beurteilen, ob die Differenz

$$(|d\psi/dt - d\psi^*/dt|)$$

zwischen den erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen einen vorgegebenen Wert ( $k_3$ ) übersteigt, eine Einrichtung (6) zum Messen eines Zeitintervalls, während dem die Differenz

$$(|d\psi/dt - d\varphi/dt|)$$

zwischen den erfaßten Gierwinkelbeschleunigungen oberhalb des vorgegebenen Wertes ( $k_3$ ) liegt, um zu beurteilen, ob das gemessene Zeitintervall ein vorgegebenes Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt, und eine Einrichtung (31, 33) zum Deaktivieren der Steuersignal-Erzeugungseinrichtung (6) aufgrund der Feststellung, daß das gemessene Zeitintervall das vorgegebene Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt.

17. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung Einrichtungen (3a, 3b; 3c, 3d) zur Erfassung der Rotationsgeschwindigkeiten des linken und des rechten nicht angetriebenen Rades (1a, 1b; 1c, 1d) des Fahrzeugs und

eine Einrichtung (6) zum Ableiten einer Vorhersage-Gierwinkelbeschleunigung auf der Grundlage der Differenz der gemessenen Rotationsgeschwindigkeiten des linken und des rechten nicht angetriebenen Rades umfaßt.

18. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtung Einrichtungen (3a, 3b; 3c, 3d) zur Erfassung der Rotationsgeschwindigkeiten des linken und des rechten nicht angetriebenen Rades (1a, 1b; 1c, 1d) des Fahrzeugs und

eine Einrichtung (6) zum Ableiten einer Vorhersage-Gierwinkelbeschleunigung auf der Grundlage der Differenz zwischen den gemessenen Rotationsgeschwindigkeiten des linken und des rechten nicht angetriebenen Rades umfaßt.

19. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß für die Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen zwei Übertragungswege vorgesehen sind und

die Antiblockiersteuerung unter Verwendung der über denjenigen der beiden Übertragungswege erfaßten Gierwinkelbeschleunigung ausgeführt wird, für den die Einrichtung zum Beurteilen, ob das gemessene Zeitintervall das vorgegebene Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt, feststellt, daß das gemessene Zeitintervall kürzer als das vorgegebene Zeitintervall ( $k_4$ ) ist.

20. Antiblockiersteuereinrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß für die Gierwinkelbeschleunigungs-Erfassungseinrichtungen zwei Übertragungswege vorgesehen sind und

die Antiblockiersteuerung unter Verwendung der über denjenigen der beiden Übertragungswege erfaßten Gierwinkelbeschleunigung ausgeführt wird, für den die Einrichtung zum Beurteilen, ob das gemessene Zeitintervall das vorgegebene Zeitintervall ( $k_4$ ) übersteigt, feststellt, daß das gemessene Zeitintervall kürzer als das vorgegebene Zeitintervall ( $k_4$ ) ist.

21. Antiblockiersterverfahren für Kraftfahrzeuge, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Steuern des Bremsflüssigkeitsdrucks für jedes Rad

(1a, 1b, 1c, 1d) des Fahrzeugs aufgrund eines Steuersignals von einer Bremsflüssigkeitsdruck-Steuereinrichtung (6);

Erfassen der Fahrzeuggeschwindigkeit (V) und der Rotationsgeschwindigkeiten ( $V_{fl}$ ,  $V_{fr}$ ,  $V_{rl}$ ,  $V_{rr}$ ) der Räder (1a, 1b, 1c, 1d) und Ableiten von Schlupfverhältnissen ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) der Räder (1a, 1b, 1c, 1d) auf der Grundlage der erfaßten Werte (V,  $V_{fl}$ ,  $V_{fr}$ ,  $V_{rl}$ ,  $V_{rr}$ );

Erfassen der tatsächlichen Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) des Fahrzeugs;

Festlegen von Soll-Werten ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) für die Schlupfverhältnisse der Räder (1a, 1b, 1c, 1d) auf der Grundlage der erfaßten Gierwinkelbeschleunigung ( $d\omega/dt$ ) für jedes Rad unabhängig von den anderen; und

Erzeugen des Steuersignals, derart, daß die Bremsflüssigkeitsdruck-Steuereinrichtung (6) die abgeleiteten Schlupfverhältnisse ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) an die Soll-Werte ( $S_{fl}$ ,  $S_{fr}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rr}$ ) anpaßt.

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

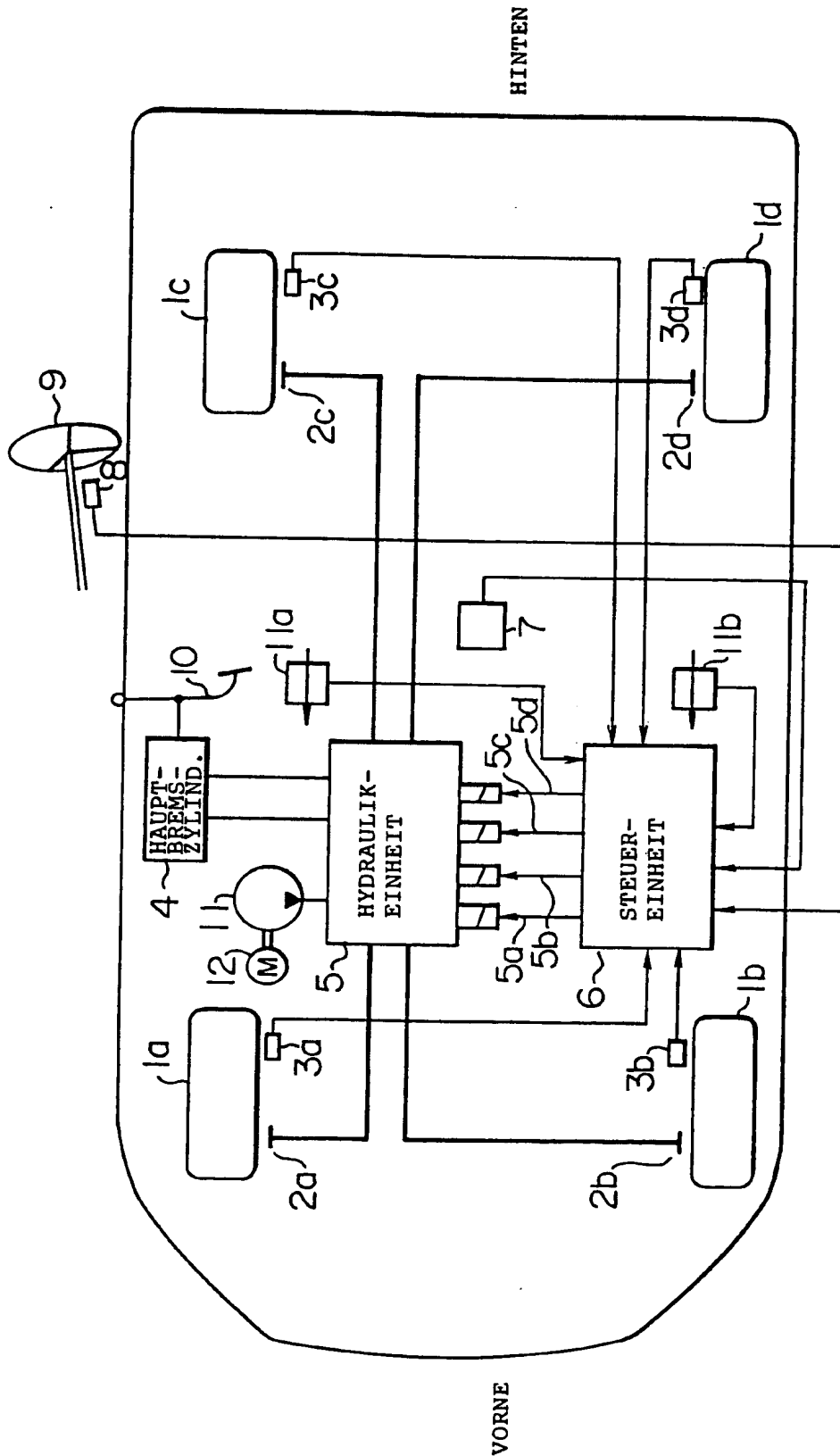
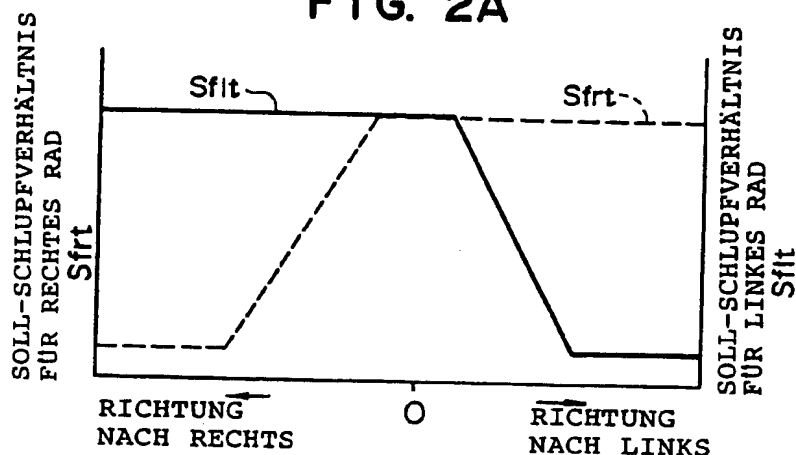


FIG. 2A

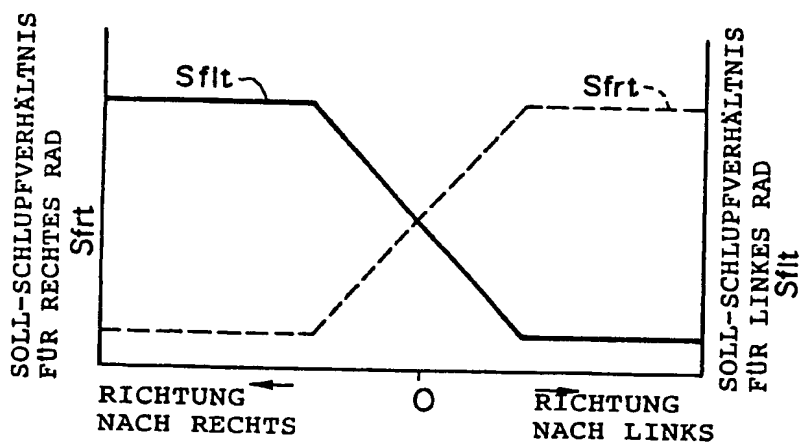


GIERWINKELBESCHLEUNIGUNG  $d\omega/dt$

oder

DIFFERENZ ZWISCHEN DEN GIER-  
WINKELBESCHLEUNIGUNGEN  $\beta$

FIG. 2B



GIERWINKELBESCHLEUNIGUNG  $d\omega/dt$

oder

DIFFERENZ ZWISCHEN DEN GIER-  
WINKELBESCHLEUNIGUNGEN  $\beta$

FIG. 3A

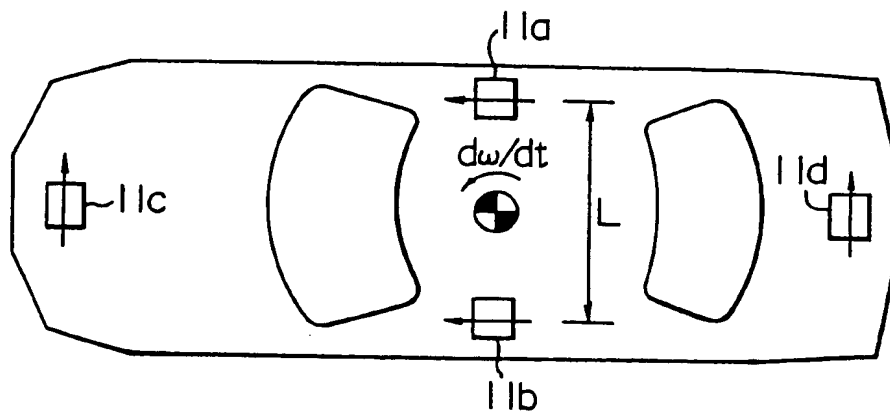


FIG. 3B

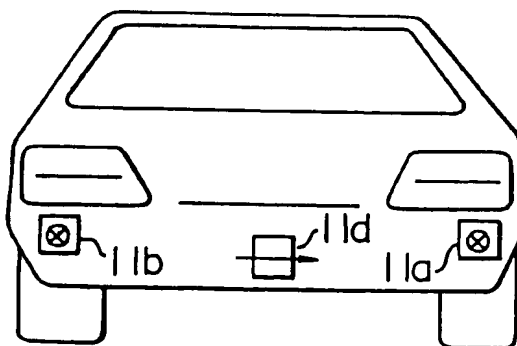


FIG. 4

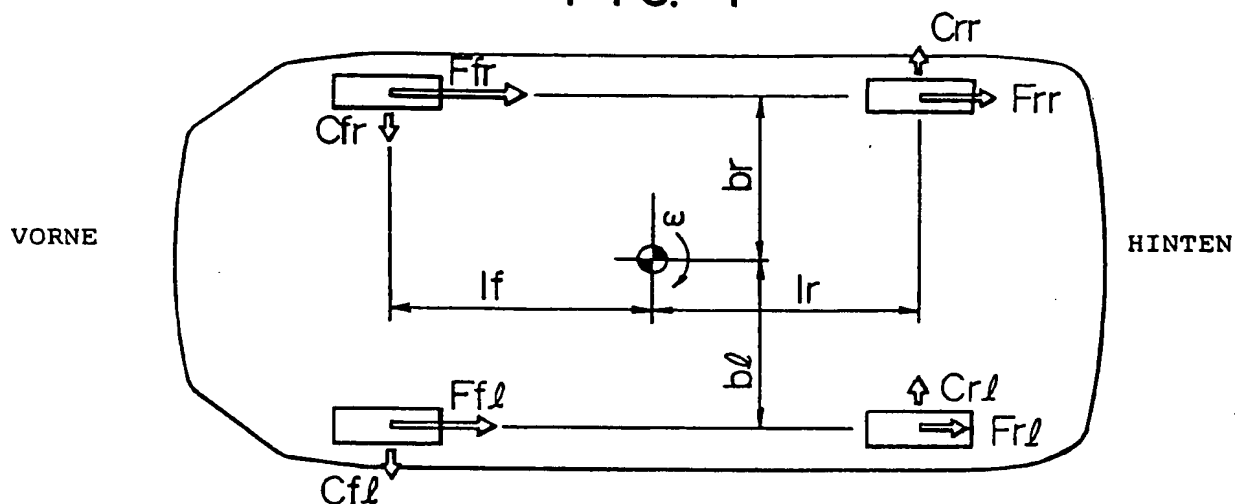


FIG. 5

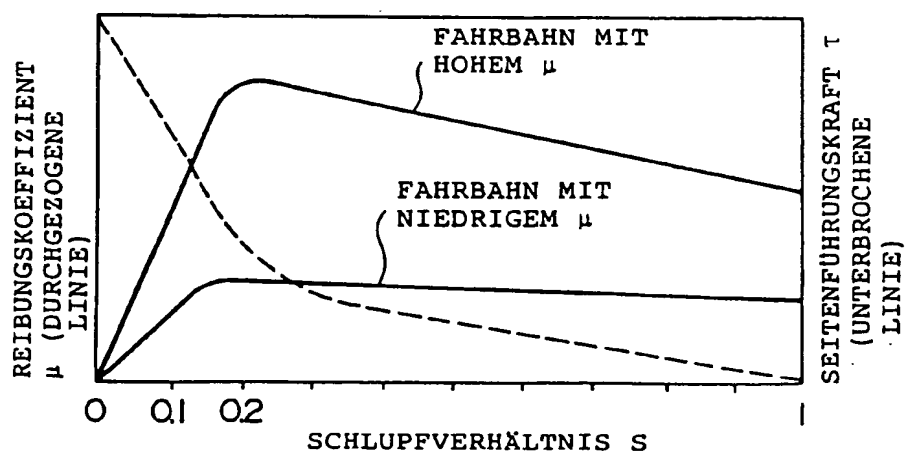




FIG. 6A

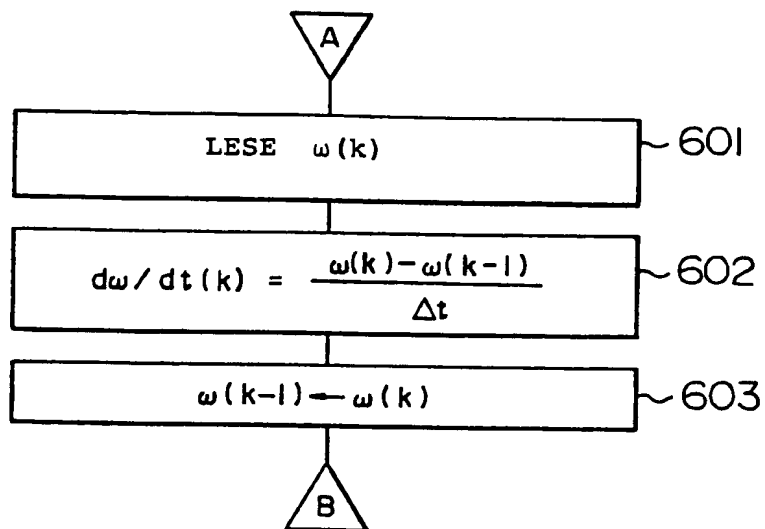


FIG. 6B

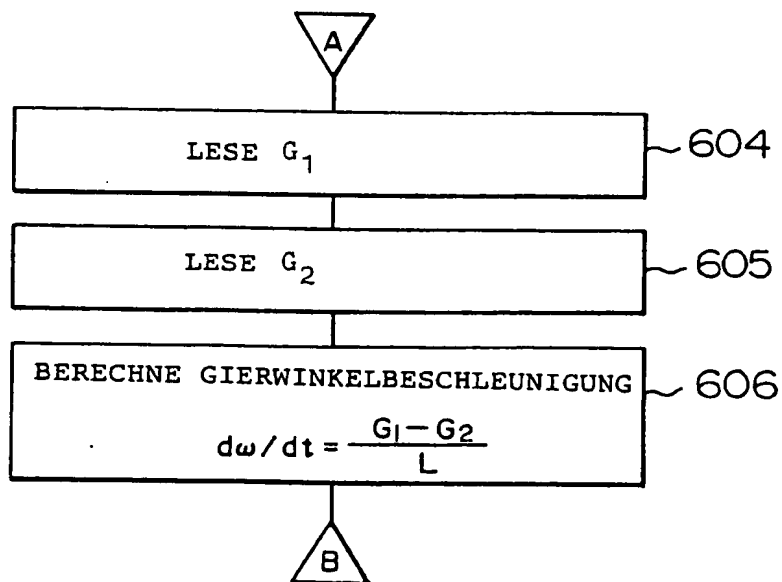


FIG. 7

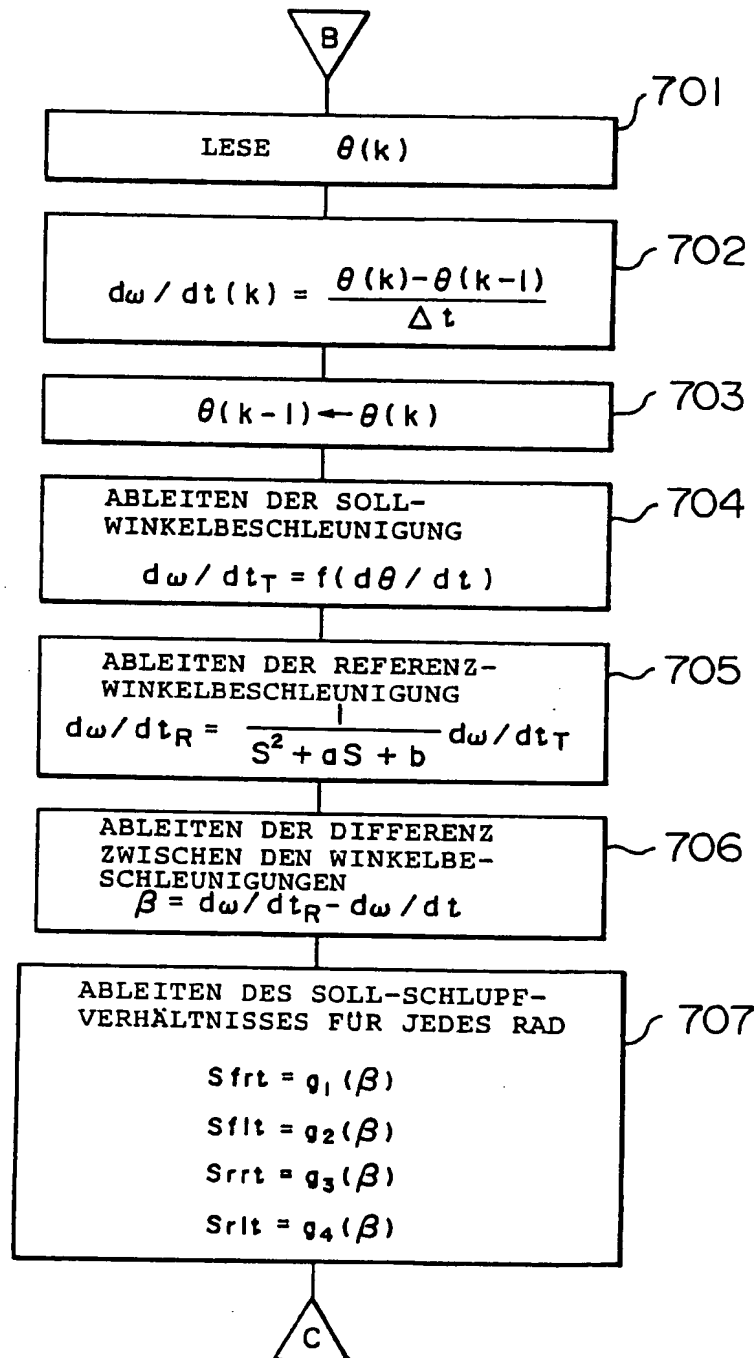


FIG. 8

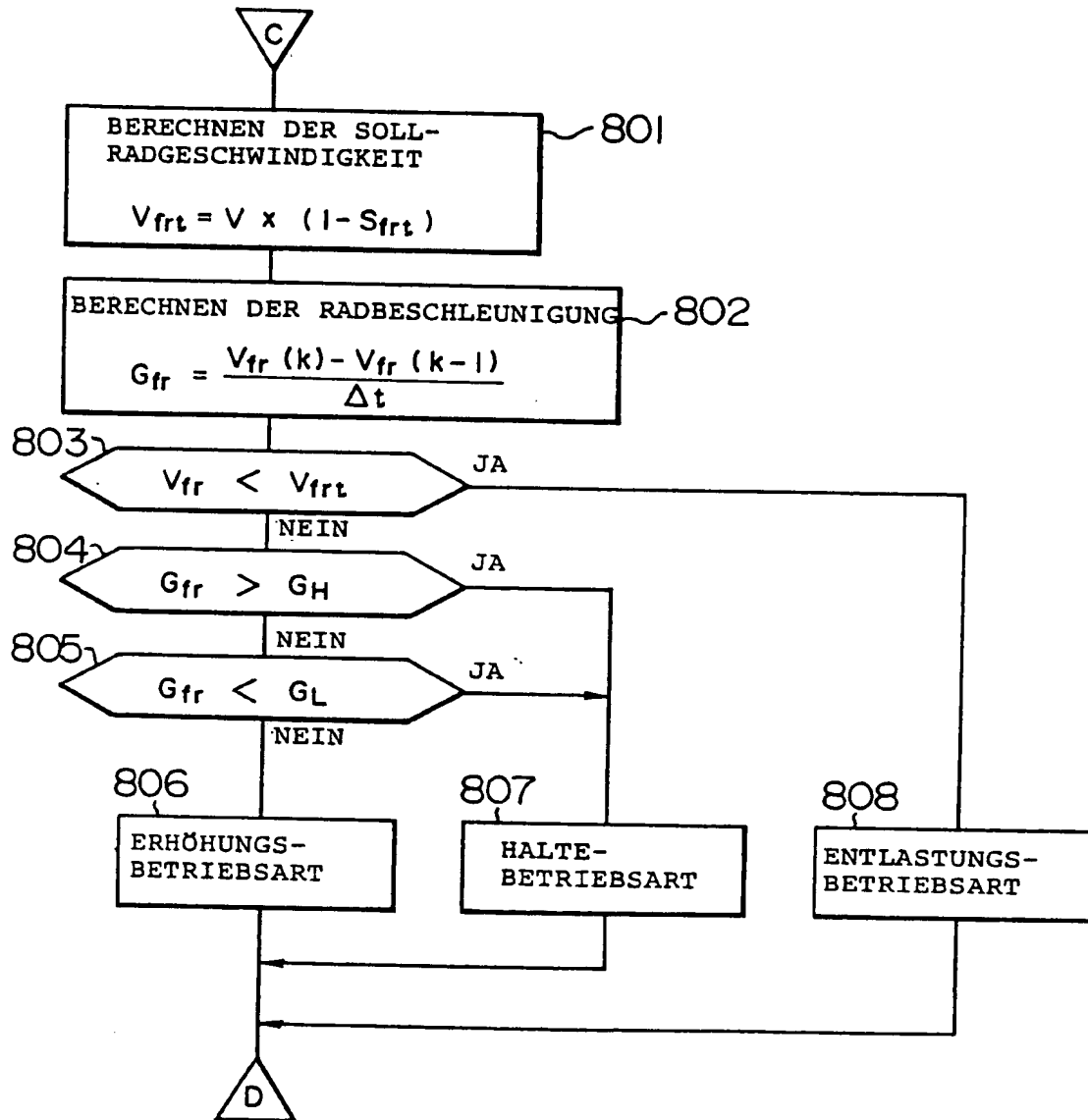


FIG. 9

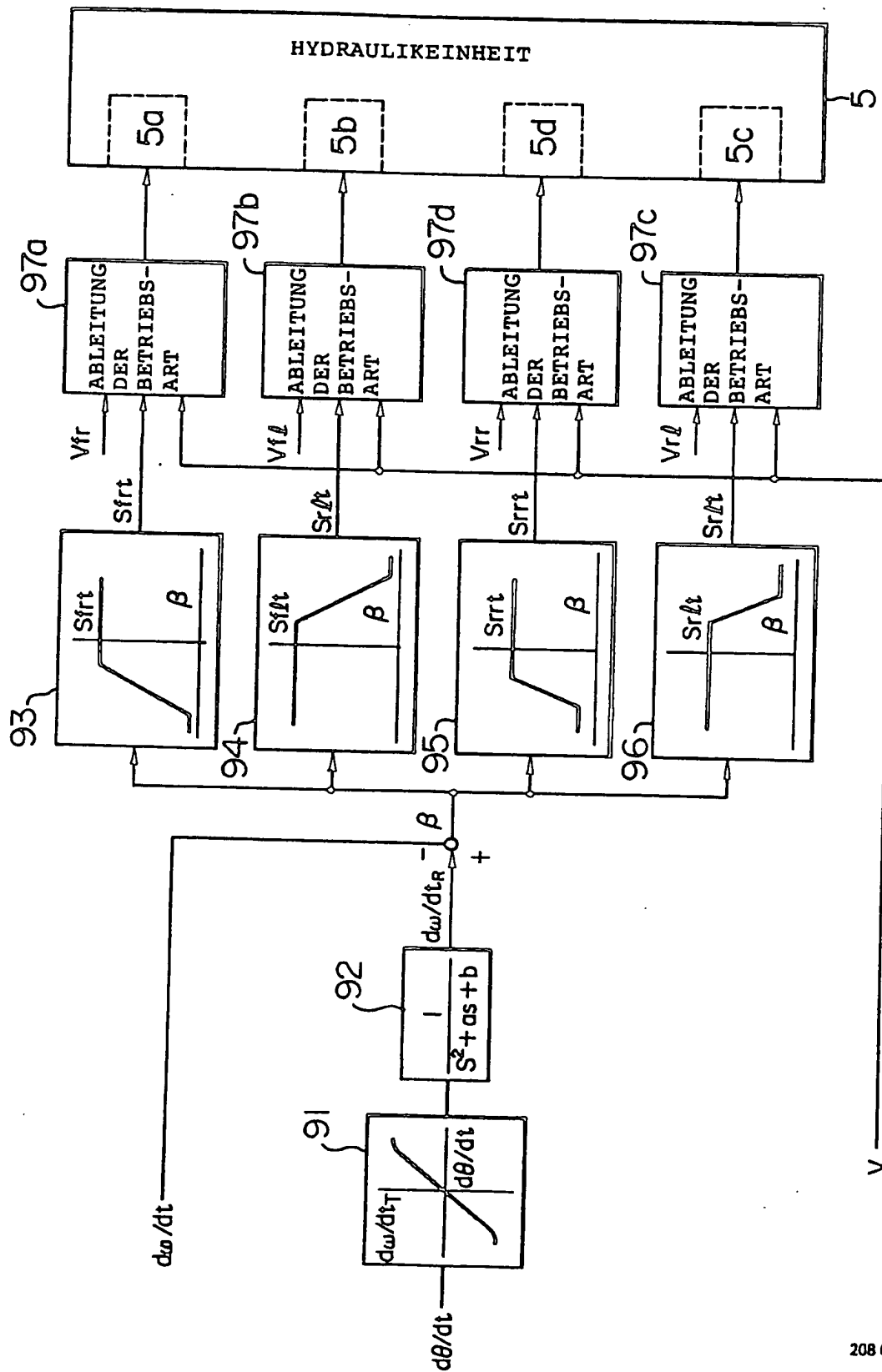


FIG. 10

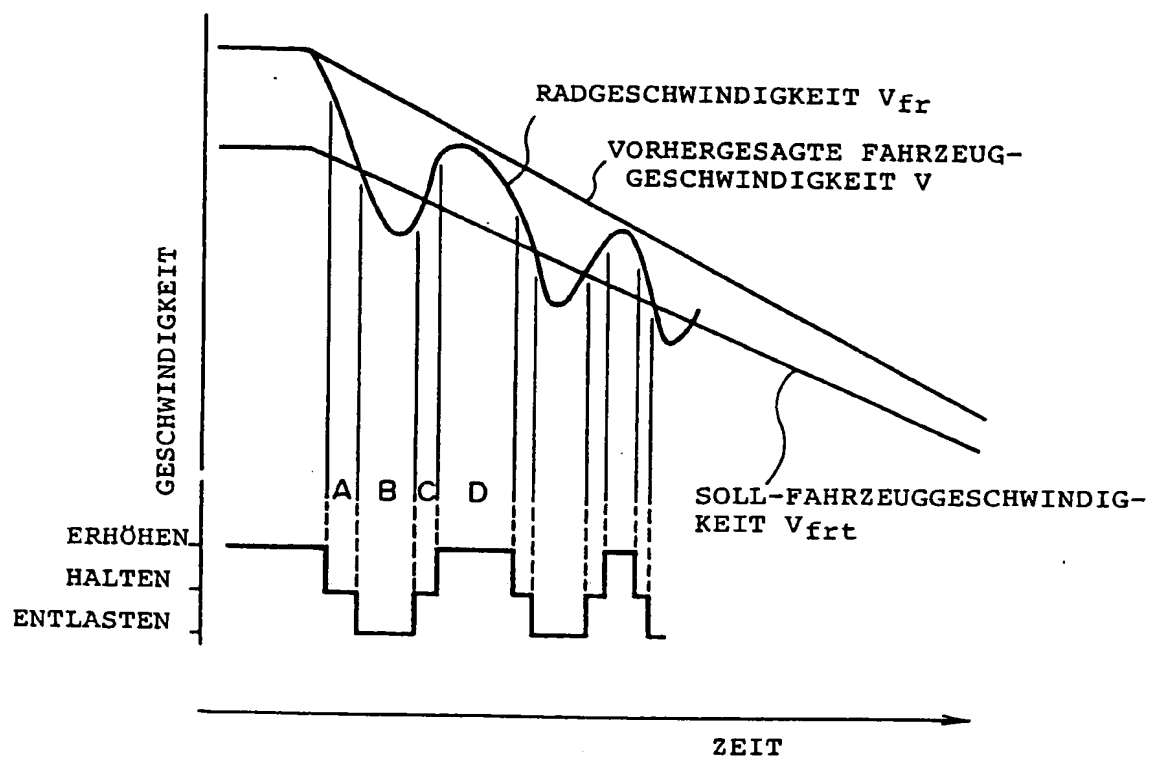


FIG. II

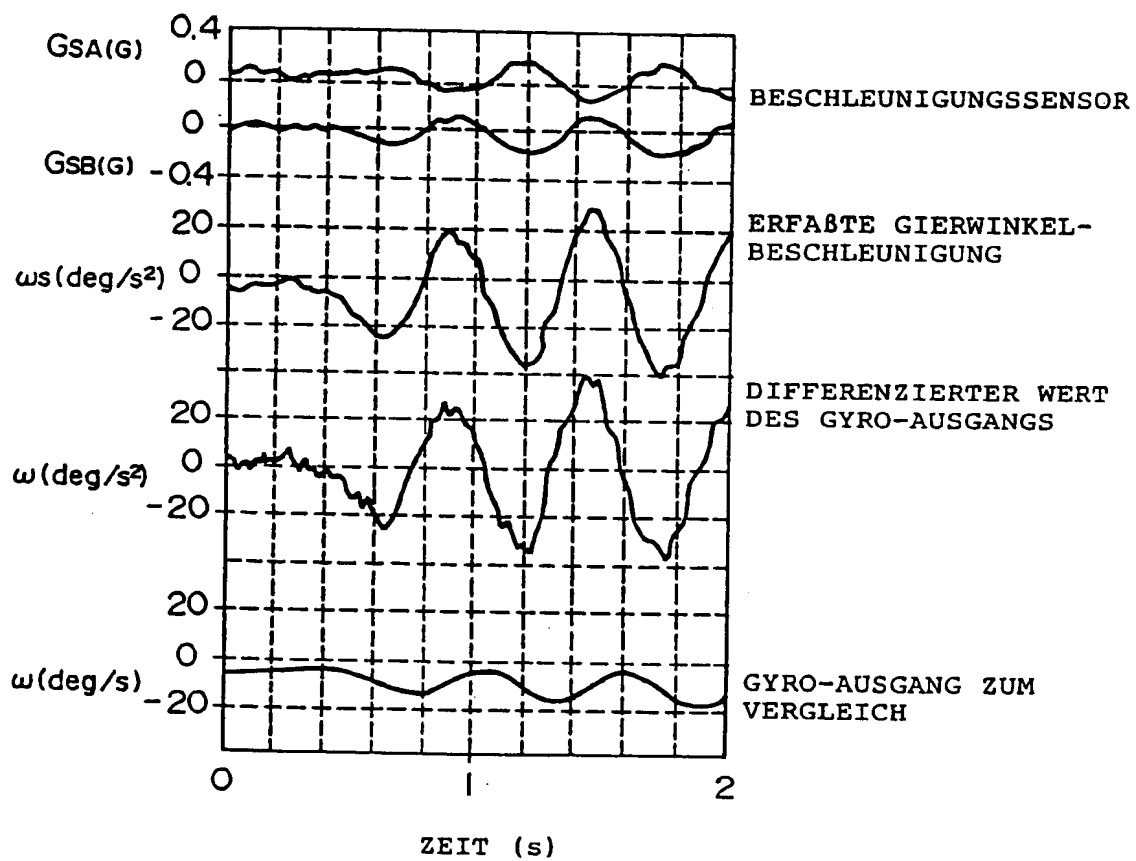


FIG. 12

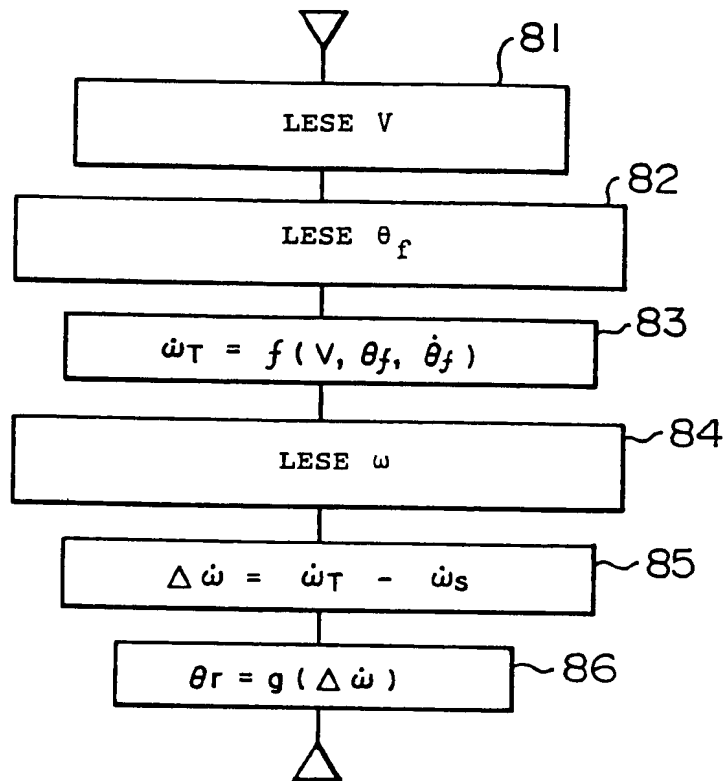


FIG. 13A

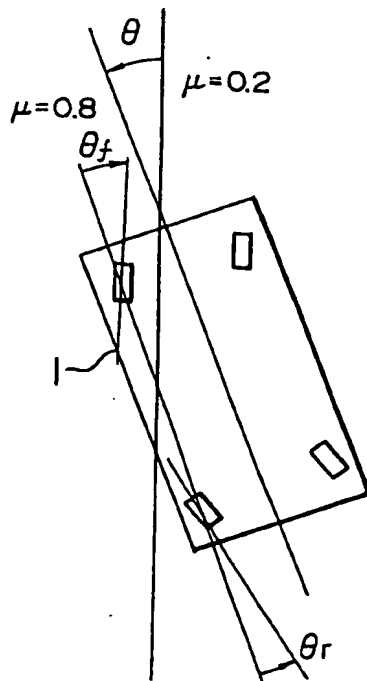


FIG. 13B

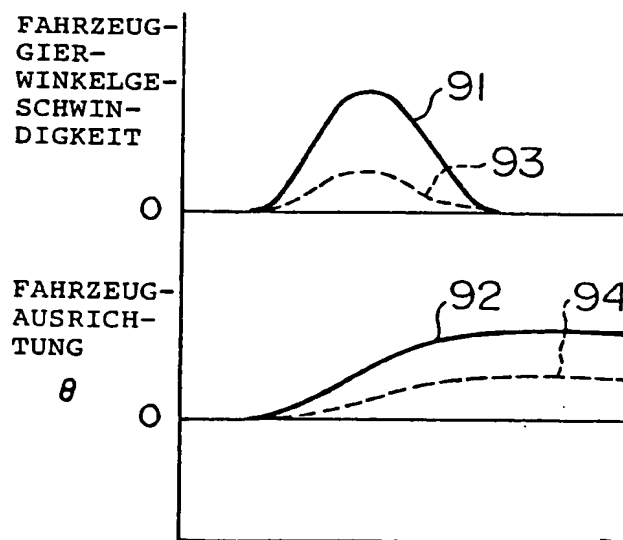




FIG. 14

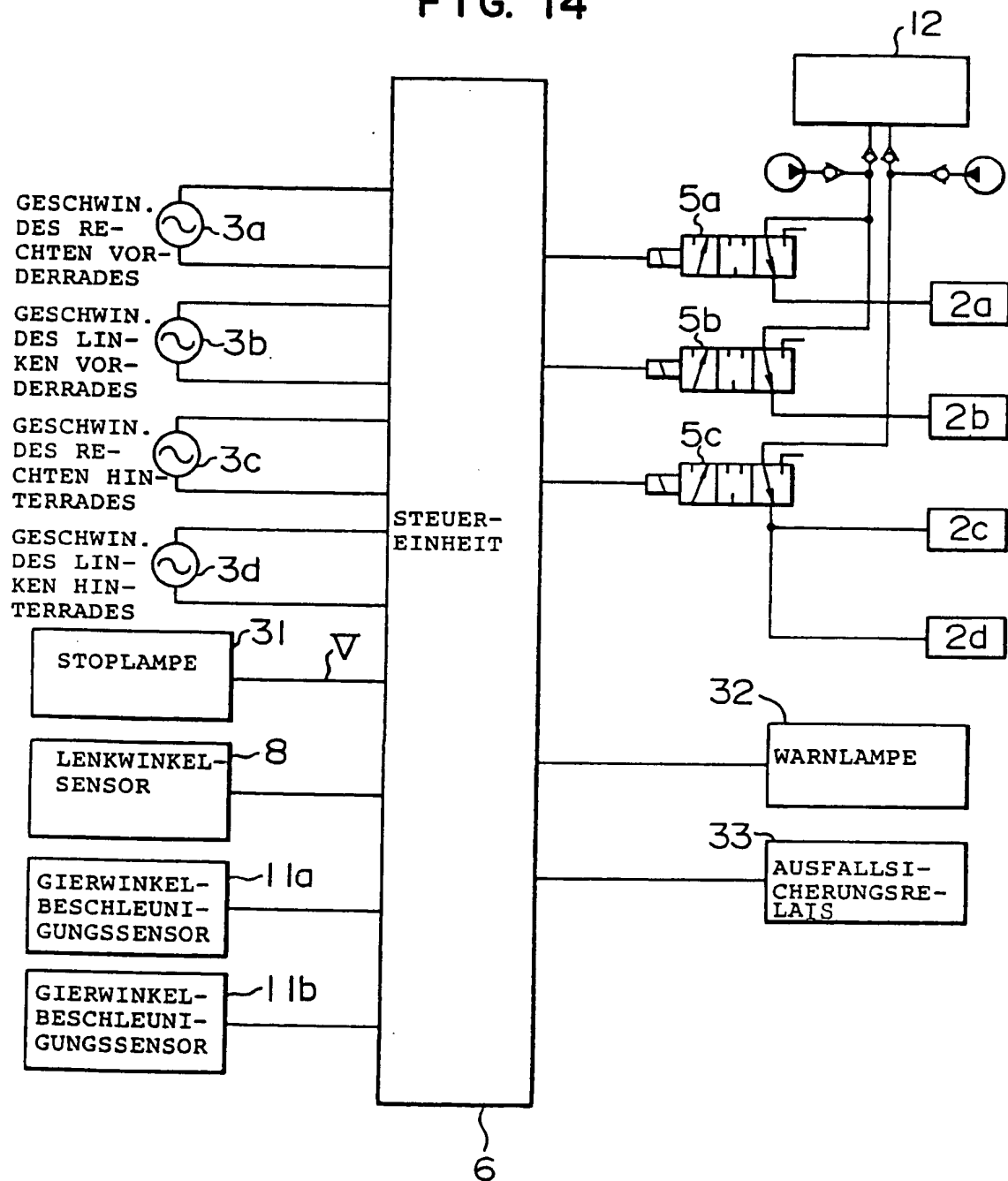
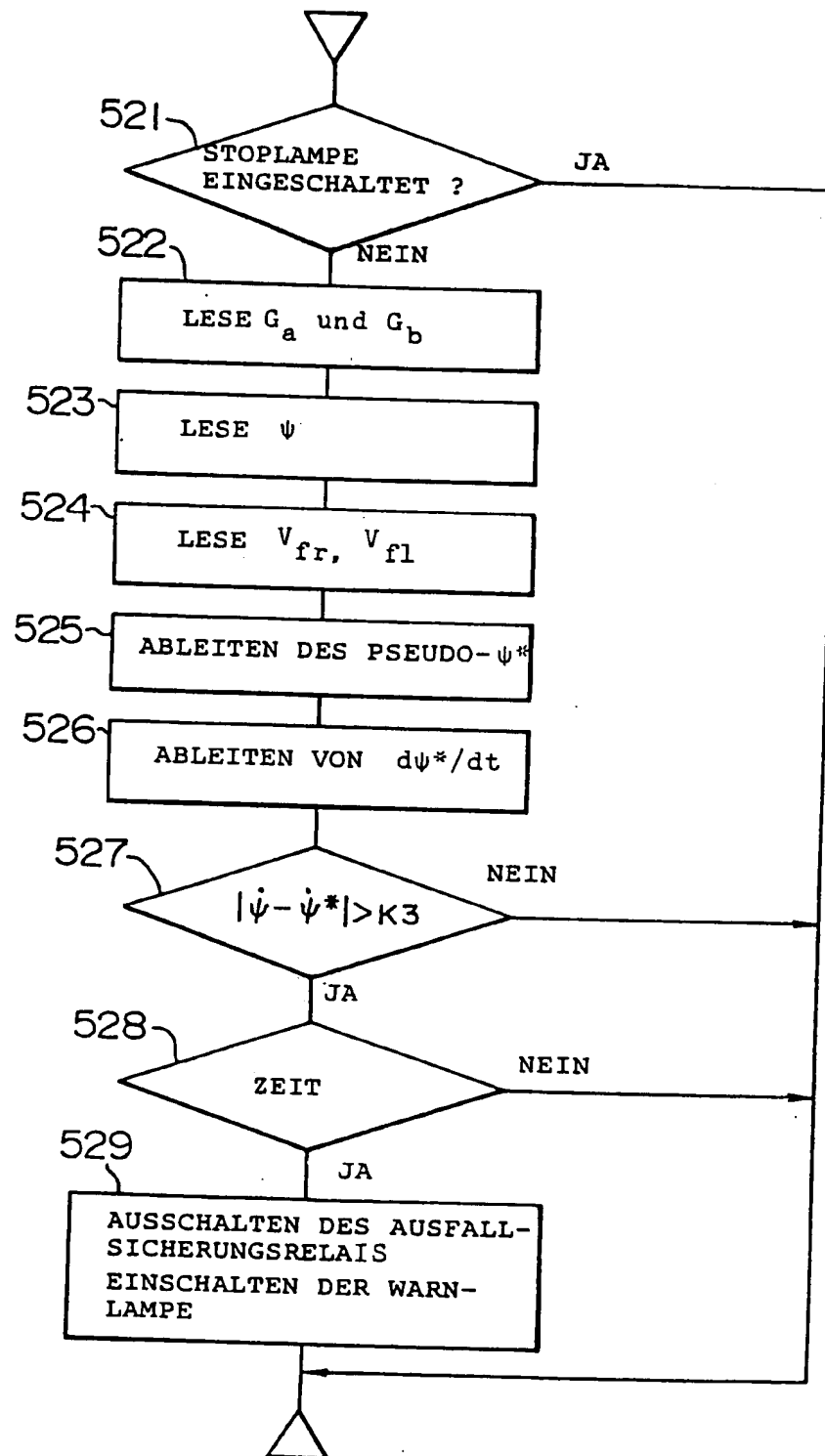


FIG. 15



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**